BIBLIOTHEEK
LEESMUSEUM
AMSTERDAM.
AFD. Gnk
№ 4788.

4788
THESIS. AMSTERDAM.
A11.

OOGHEELKUNDIGE BIJDRAGEN TOT DE LEER DER INTRAOCULAIRE DRUKKING

LANE MEDICAL LIBRARY
STANFORD UNIVERSITY
300 PASTEUR DRIVE
PALO ALTO, CALIF.

R. E. S. VAN GELDER

M

LANE
MEDICAL
SEAL OF THE LELAND STANFORD JUNIOR UNIVERSITY
SEMPER VIRENS
1885
LIBRARY

Gift of
Mr. William Wreden

F.G.KOSTER·BOEKBINDER·
AMSTERDAM

OOGHEELKUNDIGE BIJDRAGEN TOT DE LEER DER INTRAOCULAIRE DRUKKING

LEESMUSEUM
AMSTERDAM
M

OOGHEELKUNDIGE BIJDRAGEN TOT DE LEER DER INTRAOCULAIRE DRUKKING

AKADEMIES PROEFSCHRIFT TER VERKRIJGING VAN DE GRAAD VAN DOCTOR IN DE GENEESKUNDE AAN DE UNIVERSITEIT VAN AMSTERDAM, OP GEZAG VAN DE RECTOR-MAGNIFICUS DR. J. TE WINKEL, HOOGLERAAR IN DE FACULTEIT DER LETTEREN EN WIJSBEGEERTE, IN HET OPENBAAR TE VERDEDIGEN IN DE AULA DER UNIVERSITEIT, OP DONDERDAG 6 APRIL 1911, TEN VIER URE PRECIES, DOOR

REGINA EMMA SARA VAN GELDER

GEBOREN TE LEEUWARDEN

AMSTERDAM — 1911 — W. VERSLUYS

LEESMUSEUM AMSTERDAM M

BOEK-, COURANT- EN STEENDRUKKERIJ, G. J. THIEME, NIJMEGEN

AAN MIJN OUDERS

EN

AANSTAANDE SCHOONOUDERS.

Aan het einde van mijn akademiese studietijd gekomen, breng ik gaarne dank aan U allen, Oud-Hoogleraren, Hoogleraren, lectoren en privaatdocenten der mediese en natuurfilosofiese faculteiten voor het onderwijs dat ik van U mocht ontvangen. Ook U, Assistenten, dank ik voor Uw leiding.

Een afzonderlik woord van dank aan U, Hooggeleerde STRAUB, *hooggeachte Promotor. Zowel Uw steun en belangstelling mij bij 't bewerken van dit proefschrift betoond, als de grote welwillendheid, waarmee Gij mij gedurende de tijd dat ik uw assistente was, de weg gewezen hebt in Uw wetenschap, zullen mij in dankbare herinnering blijven.*

Ook dank ik U, collegae WOLFF *en* ZEEMAN, *voor de vele tijd die gij beschikbaar hebt gesteld om mij bij 't nemen mijner experimenten behulpzaam te zijn. En ten slotte dank aan U,* BURGHARDT, *voor Uw hulp op 't laboratorium.*

Digitized by the Internet Archive
in 2025

https://archive.org/details/oogheelkundigebi0000resv

I.

ALGEMEEN OVERZICHT DER METHODEN VOOR DE BEPALING DER INTRAOCULAIRE DRUKKING.

Onder intraoculaire druk verstaat men de druk waaronder inhoud en wand van de oogbol staan.

De intraoculaire druk kan gemeten worden:

A. Intraoculair.

B. Extraoculair.

A. *Intraoculair* meet men de oogdruk door het inwendige van het oog met een manometer te verbinden: *ophthalmomanometrie*. Deze methode is de meest nauwkeurige en objectieve, dus de meest wetenschappelike; klinies is hij evenwel onbruikbaar, daar voor de toepassing ervan het oog gelaedeerd moet worden.

B. *Extraoculair* kan men de oogdruk op meerdere manieren trachten te bepalen:

1°. Door meting van de kromtestraal van de cornea: *ophthalmometrie*. Deze methode bleek onuitvoerbaar, èn wegens de geringe veranderingen, die de kromtestraal ondergaat, èn wegens de ingewikkelde verhoudingen tussen die veranderingen en de intraoculaire druk.

2°. *Digitaal.* Hierbij schat men de hoogte van de intraoculaire druk naar de kracht die men noodig heeft om met de vinger de weerstand van de bulbuskapsel te overwinnen en er een duidelik voelbare indruk in te maken.

3°. Door *instrumentaal* druk op de bulbuskapsel uit te oefenen en dan de verhouding na te gaan tussen aangewende kracht en de daardoor opgewekte vormverandering.

De digitale en instrumentale drukmeting noemt men *ophthalmotonometrie*. De naam is minder juist, daar de tonus (spanning) van het oog en de druk die erin heerst niet gelijk te stellen zijn.

De ophthalmomanometers en opthalmotonometers in de loop der tijden geconstrueerd en gebruikt zijn vele. De eenvoudigste methode van drukmeting is de digitale tonometrie; deze wil ik eerst in 't kort bespreken, om daarna over te gaan tot een histories overzicht van de meer gecompliceerde methoden van het intraoculair en het instrumentaal-extraoculair onderzoek.

II.

DE DIGITALE TONOMETRIE.

In de praktijk bedient men zich het meest van deze methode. Men laat de patient naar beneden zien, legt de toppen der beide wijsvingers naast elkaar op 't bovenooglid terwijl de overige vingers op bovenste orbitaalrand en voorhoofd rusten, en drukt nu zachtjes, afwisselend met de ene, dan met de andere wijsvinger, door 't ooglid heen op de sclera. Hoe dichter men de vingers bij de supraorbitaalrand zet des te beter, daar 't ooglid daar, wegens 't ontbreken van tarsus, 't dunst is. De drukkende vinger verhoogt de drukking door 't maken van een kuiltje in de sclera: zij spant de wand, zij bepaalt hoe diep het kuiltje moet worden gemaakt om de verlangde spanning in de oogbolwand te brengen. De andere vinger controleert de spanning gedurende het drukken. Men onderzoekt dus feitelik:

hoe veel men de drukking moet verhogen om de wand te spannen; *is* deze zeer gespannen, m. a. w. is de druk hoog, dan kan men niet veel meer verhogen. Het telkens weer afwisselend drukken met elk der wijsvingers dient om een reeks waarnemingen te verkrijgen.

BOWMAN onderscheidde bij dit onderzoek zeven graden van intraoculaire drukking.

De normale druk T (tension).

Drie hoger dan normaal: T + 1, T + 2, T + 3.

Drie subnormaal: T — 1, T — 2, T — 3.

Wij kunnen hiervoor in de plaats zetten: oogdruk normaal, iets verhoogd — sterk verhoogd — maximaal hoog of *hard*, en iets te laag — sterk verlaagd — *week*.

Dit klinkt niet zeer nauwkeurig, maar dat zijn de resultaten op deze manier verkregen, ook niet. Daarvoor zijn ze van te veel invloeden afhankelik.

1°. De invloeden van de kant van de onderzochte.

Als deze niet weet wat er met hem gebeuren gaat is hij allicht angstig; hij gaat knijpen, d. w. z. hij verhoogt door z'n ooglidspieren z'n intraoculaire druk. Als de patient merkt dat de onderzoeker ongeoefend is, is dit in nog sterker mate het geval. Men moet de aandacht van de onderzochte afleiden en het onderzoek naar de fluctuatie lang voortzetten. Dan merkt de onderzochte dat er geen kwaad bij is. De onderzochte verhoogt de intraoculaire drukking niet alleen met de ooglidspieren, maar ook door gelijktijdige innervatie der recti. Dit laatste kan men voelen bij oogoperaties. Als de operateur bij het begin der operatie de patienten vraagt de blik in een bepaalde richting te brengen, dan voelt hij menigmaal met zijn fixeerpincet, dat het oog harder wordt. De bepalingen der drukking gelden dus eerst als de aandacht van de patient is afgeleid.

Het is dan ook goed bij de digitale tonometrie de eerste indruk die men krijgt te verwaarlozen; bij de bespreking der instrumentale tonometrie zal echter blijken, dat de daling

van de intraoculaire drukking die na langer doorvoelen optreedt, niet uitsluitend het gevolg is van de teruggekeerde gemoedsrust van de patient, maar ook veroorzaakt wordt door wegdrukken van vloeistof uit het oog.

2°. Van de kant van de onderzoeker krijgt men ook onnauwkeurigheden; men zet zijn vingers niet altijd gelijk op bij verschillende palpaties, men prent zich de indruk, die men de ene keer gekregen heeft niet zó volmaakt in 't geheugen om hem volkomen met die van een ander keer te kunnen vergelijken, en bovendien heeft de een een fijner ontwikkelder tastzin dan de ander, zodat er vrij grote verschillen in appreciatie mogelijk zijn. Geringe verschillen in druk bij 'n beginnend glaucoom of in 't verloop dezer ziekte worden ongetwijfeld dikwels niet herkend.

R. A. Fick [1]) heeft voorgesteld een „oogdrukschema" te maken; men neemt daarvoor een kalfs- of varkensoog, dat men verbindt met een manometer en waarin men de druk zolang verandert tot hij den onderzoeker even hoog lijkt als die in het gepalpeerde oog.

Zulk een schema kan men trouwens prachtig gebruiken om zich te oefenen; men neemt er dan twee die met een manometer verbonden zijn en geeft aan een een bepaalde druk; bij 't andere laat men door een assistent de druk zolang veranderen tot 't gelijk aanvoelt als 't eerste oog en leest dan af of 't werkelik gelijk *is*. Het is mogelijk dat men op deze manier ook zeer fijne verschillen in druk leert waarnemen.

[1]) R. A. Fick, Ein neues Ophthalmotonometer. Inaug. Diss. Würzburg. 1888.

III.

HISTORIES OVERZICHT VAN DE METHODEN VAN OPHTHALMOMANOMETRIES ONDERZOEK.

Voor een nauwkeurige bepaling van de in het oog heersende druk is het vóór alles noodzakelik dat door de bepaling zelve niets aan die druk veranderd worde. En daar men van te voren toch onmogelik in een manometer juist de druk kan doen heersen die overeenkomt met een druk die men nog bepalen moet, is een van de grootste moeilikheden bij de ophthalmomanometrie te zorgen, dat er zo goed als geen vloeistofverplaatsing van oog in manometer of omgekeerd plaats grijpe. Steeds hebben dan ook allen die zich met dit onderwerp hebben bezig gehouden, getracht, de bezwaren, die 't gevolg van de genoemde moeilikheid zijn, zo gering mogelik te maken. Slechts de eerste auteurs, bij wie ik een opthalmomanometer beschreven vond, hebben zich hierom minder bekommerd. Het zijn WEGNER en E. ADAMÜK, wier publicaties bijna gelijktijdig in 1866 verschenen. Wèl zag kort te voren, in hetzelfde jaar, een artiekel van A. GRUENHAGEN over dit onderwerp het licht in de Berliner Klinische Wochenschrift, maar de schrijver zèlf vertrouwde niet op de resultaten met zijn instrument bereikt; eerst in 't laatst van 1866 verscheen in het Zeitschrift für rationelle Medizin een nauwkeurige beschrijving van het toen verbeterde instrument.

De ophthalmomanometriese methoden van onderzoek in historiese volgorde behandelende komen wij 't eerst tot WEGNER. [1]) [De allereerste pogingen om de intraoculaire druk te meten zijn aangewend door K. WEBER en C. LUDWIG. De resultaten hiervan vind ik niet vermeld]. Deze brengt een canule met zijdelingse opening, die door een met

[1]) Dr. WEGNER. Experimentelle Beiträge zur Lehre vom Glaucom. v. Graefe's Archiv, 1866, Abtheil. II.

½ % keukenzoutoplossing gevulde slang communiceert met een kwikzilvermanometer aan de buitenste rand van de cornea in de voorste oogkamer. Het lumen van 't manometerbeen dat de drukwisselingen aangeeft heeft een capillair volumen; dit compenseert wel enigszins 't ontbreken van een inrichting om 't gaan van oogvloeistof in de slang, en omgekeerd, te beletten; want bij vrij grote drukverschillen hoeft nu slechts zeer weinig vloeistofwisseling plaats te hebben. Bovendien vond WEGNER het van minder belang of hij precies de druk op 't ogenblik van het begin van de meting bepaalde, daar het hem te doen was om de druk*veranderingen* die bij bepaalde manipulaties (doorsnijding van de halssympathicus, atropineinjecties e. a.) optreden.

Bij ADAMÜK [1]) dient de manometer tevens als canule; 't korte been van de U-vormig gebogen buis loopt dun uit en wordt in de cornea gestoken. Deze wijze van bepalen staat (m. i.) achter bij die van WEGNER, 1°. wegens de onbeweeglikheid van de „canule" t. o. v. de manometer, wat bij de minste beweging van het oog 't gehele instrument van stand doet veranderen; 2°. heeft het dikke deel van de manometer een lumendoorsnee van 3 mM., zodat hier al bij een vrij klein drukverschil veel vloeistofwisseling plaats heeft.

Behalve WEGNER en ADAMÜK hebben dus allen er naar gestreefd, aan hun instrument een zódanige constructie te geven of op een zódanige wijze de meting te verrichten, dat door de bepaling de druk niet veranderde of altans niet veranderd gemeten werd. Zonder in een gedetailleerde beschrijving van elk instrument afzonderlijk te vervallen, wil ik proberen, in hoofdzaak de manier weer te geven, waarop de verschillende auteurs hun doel trachtten te bereiken.

---

[1]) E. ADAMÜK. Manometrische Bestimmungen des intraocularen Druckes. Centralblatt f. d. Med. Wissensch. n°. 36, 1866.

GRUENHAGEN [1]) en VON HIPPEL die gezamenlik veel onderzoekingen, de intraoculaire druk betreffende, gedaan hebben, gebruikten daarvoor 't volgende ingenieuse instrument: Even vóór het ene uiteinde van een holle nieuw-zilveren buis bevindt zich, loodrecht daarop, een gebogen glazen manometer met één neerdalend en twee opstijgende benen. Door de buis loopt een stalen stilet, dat precies aan het lumen aanpast en gemakkelik in de buis verschuifbaar is. Als het stilet zover mogelik in de buis is geschoven steekt de punt, die bestemd is om door de cornea te worden gestoken, uit de buis uit en sluit het stilet zelve de communicatie tussen buis en manometer, dùs tussen oog en manometer, af. Nadat nu bij teruggetrokken stilet, door onderdompeling van het gehele instrument in een vat met olijfolie en kwik 't kwik op de laagste plaats van de manometer (dus in de buiging tussen 't neerdalende en 't verst afgelegen opstijgende been) in evenwicht is gekomen, terwijl de ruimte tussen kwik en communicatieopening met olie gevuld is, wordt het stilet geheel ingeschoven, de stand van het kwik genoteerd en de vrije opening van de manometer met een kurkpropje gesloten.

Aan het instrument zijn zódanige remmingsinrichtingen aangebracht, dat 't stilet noch te ver in de cornea gestoken, noch te ver teruggetrokken worden kan.

't Stilet en daarmee het einde van de buis worden nu in de cornea gestoken en de kurk uit de vrije manometeropening genomen. Men kan dan dat been van de manometer door middel van een zeer lang en fijn pipet al vast wat kwikoverdruk geven ten opzichte van het andere been.

Nu trekt men het stilet terug, zodat voorste oogkamer en manometer communiceren; heeft men nu niet juist toevallig in 't opstijgende been die overdruk aangebracht, die over-

[1]) Dr. A. GRUENHAGEN. Untersuchungen, den intraocularen Druck betreffende. Zeitschr. f. Rationelle Medizin, 1866.

eenkomt met de intraoculaire druk dan zal 't kwik in beide beenen van stand veranderen. Heeft men nu zóveel kwik bijgevoegd (of weggezogen), dat 't kwik in 't binnenste been weer z'n oude stand heeft, dan kan men direkt de oculaire druk aflezen door de afstand te meten tussen de in den beginne genoteerde hoogte waarop 't kwik in 't buitenste been stond en de plaats waar 't nu staat.

Een bezwaar schijnt mij aan dit instrument te kleven, n.l. de enorme massa tijd die 't telkens kost om met een nauw pipet 't kwik bij te vullen of op te zuigen; en dan kan bovendien zoveel kamerwater uittreden (of omgekeerd), dat de verhoudingen in 't oog er door veranderen.

GRUENHAGEN krijgt met zijn instrument zeer mooie resultaten; hij vindt bij konijnen weinig uitéénlopende cijfers, schommelende dicht om 26 mM. kwikdruk, *mits* hij alle oogspierbewegingen uitschakelt door een subcutane curare-injectie. Doet hij dit niet, dan krijgt hij zeer uiteenlopende, dus onbetrouwbare, getallen.

Gedurende vele jaren zijn met de tot nu toe beschreven manometers tal van onderzoekingen gedaan; alleen ADAMÜK [1]) heeft weldra zijn eigen manometer prijsgegeven en is de door HERING geconstrueerde mikromanometer gaan gebruiken. Dit is een capillair glazen buisje, waarvan 't ene uiteinde dichtgesmolten is, terwijl aan 't andere eind een fijne metalen canule is aangebracht. Aan de gesloten kant bevindt zich over een lengte van 2—3 cM. lucht; de rest is met een oplossing van keukenzout of met water gevuld. Nadat de canule in de oogkamer is gebracht, worden de vrij kleine plaatsveranderingen van de vloeistof met een vijftig maal vergrotend mikroskoop afgelezen. Als bezwaren tegen dit instrument worden aangegeven de moeilikheid van de fijne

[1]) ADAMÜK. Neue Versuche über den Einfluss des Sympathicus und Trigeminus auf Druck und Filtration im Auge. Sitzungsberichte d. Wiener Acad. d. Wissensch. 1869.

schaalverdeling, van de aflezing en de invloed van de temperatuur op het instrumentje.

In 1883 publiceert HÖLTZKE [1]) zijn onderzoekingen over de druk in de voorste oogkamer. Niet voldaan over de bestaande manometers, beschrijft hij er een die hij gelooft dat voldoet aan de volgende voorwaarden: 1°. dat geen vloeistof uit het oog kan treden; 2°. dat de kamerinhoud niet onder een druk kome hoger dan in de kamer zelve heerst; 3°. dat voortdurend de mogelikheid besta, de voor elk ogenblik nodige tegendruk af te lezen. Hij gebruikt hiervoor een *dubbele* manometer; de ene manometer moet er als het ware voor zorgen, dat er niets uit of in het oog gaat, hetwelk HÖLTZKE bereikt door het kwik daarin steeds op dezelfde plaats te houden. Dit is mogelik door 't losser of vaster aanschroeven van een klem die aangebracht is op een met beide manometers in verbinding staande comprimeerbare caoutchouc-cylinder. De door middel van de klem willekeurig te modificeren druk plant zich gelijkmatig in de (overigens met water gevulde) manometerbuizen voort; is dus steeds, en bijgevolg ook op 't ogenblik dat het kwik in de binnenste manometer vanzelf op z'n oude plaats blijft staan, in de andere manometer af te lezen.

Van geheel hetzelfde principe gaat RINDFLEISCH [2]) uit; slechts brengt hij eenige modificaties aan HÖLTZKES manometer aan. Hij vervangt de comprimeerbare caoutchouc-cylinder door een precies sluitend stempelapparaat, welks inhoud door een schroef onder elke willekeurige druk gebracht kan worden. Ten tweede brengt hij tussen de contrôle-manometer en de buis (of slang), die naar 't oog voert, een regulatie-inrichting aan, bestaande uit een spuitje

[1]) Dr. H. HÖLTZKE. Exper. Untersuch. über den Druck in der Augenkammer. V. Graefe's Archiv 1883, Abtheil. II.

[2]) Dr. G. RINDFLEISCH. Exper. Unters. ueber die bei der eitrigen Chorioiditis auftretende Herabsetzung des intraocularen Druckes. V. Graefe's Archiv, 1892, Abtheil. II.

en een dubbel doorboorde kogelkraan; door deze kraan verschillend te stellen kan het spuitje in verbinding staan òf met de manometer, òf met de buis die naar 't oog voert, òf met beide. Door middel van dit spuitje kan ten eerste zoveel water in de contrôle-manometer worden gespoten, dat deze zich op nul instelt; kan vervolgens alle lucht uit het naar 't oog gekeerde been van de contrôle-manometer worden opgezogen en kan tenslotte door krachtig neerdrukken van de stempel van het spuitje alle lucht uit de verbindingsbuis en de canule worden verjaagd.

LEBER [1]) heeft later de manometer HÖLTZKE-RINDFLEISCH vereenvoudigd door 't kwikreservoir op zij aan te brengen; zo kan één manometer volstaan voor drukmeting en regulering, terwijl dan in één van beide benen 't kwik telkens op nul werd gebracht.

Die verbeteringen heeft hij aangebracht aan zijn z.g. *filtratie-manometer*, met welke hij behalve de intraoculaire druk, ook de filtratie of secretie van het oog kan meten. De constructie van deze manometer is aldus: Een horizontale buis verbindt een nauwe, voor 't meten van de oogdruk bestemde, manometer *B* met de veel wijdere manometer *A*. Tussen beide manometers in is op de horizontale buis een kwikzilverreservoir *C* aangebracht, ruim genoeg om in *A* een 100 mM. hoge kwikzuil te doen ontstaan. Het korte eind van *A* buigt zich naar beneden om tot een horizontale buis *E*, die 300 mM. lang is en 1 mM^2. dwars doorsnee heeft; deze horizontale buis moet, bij constante druk, de filtratie of secretie van het oog meten. Daarvoor bevat hij een kleine luchtbel, welks verandering in stand op een millimeterschaal wordt afgelezen. *A* is zo wijd, dat een vrij aanzienlike vloeistofverschuiving in *E* in *A* nauweliks verandering in drukhoogte brengt. Tussen *B* en het oog is 'n

[1]) GRAEFE—SAEMISCH. Handbuch der Augenheilkunde, Band II, Abtheil. II, blz. 311.

klein reservoir, waarin ook de horizontale buis *E* (na wederombuiging naar boven) uitmondt; in dit kleine reservoir steekt 'n spuitje *G*, dat door vier kranen kan afgesloten worden: van 't reservoir, van 't oog, van *B* (en dus van A), en van *E*. Ook kan *C* van *A* en *B* door kranen worden afgesloten.

Nog vóór HÖLTZKE in 1883 zijn onderzoekingen publiceerde had VON SCHULTÈN [1]) in 't Zweeds de resultaten van zijn experimenten, de intraoculaire druk betreffende, medegedeeld (Oktober 1882). Eerst in 1884 worden deze uitvoerig in het Archiv für Ophthalmologie besproken en wordt hierin een zeer eenvoudige manometer beschreven. Deze manometer verschilt in één opzicht *principieel* van alle vroeger beschrevene, daar hij er op berekend is, in 't corpus vitreum te worden ingebracht. Ook VON SCHULTÈN stelt zich als eis: 1°. dat er geen vloeistof in of uit de bulbus trede, 2°. dat de geringste drukveranderingen snel worden afgelezen, en verder nog 3°. dat de cornea bij 't inbrengen van de canule niet geprikkeld worde, m. a. w. dat de canule niet door de cornea wordt ingebracht. — Dàt de cornea geprikkeld wordt bij inbrenging van de canule spreekt wel vanzelf; onbewezen echter is VAN SCHULTÈN'S verwachting dat een dergelike prikkeling die door terugwerking op de vaten de bloedsomloop in 't oog misschien zou modificeeren ook de druk in 't oog zou veranderen.

Daar hij de canule in het corpus vitreum inbrengt is deze licht gebogen; hij is één met 'n fijne, vrij dikwandige caoutchouc slang van 2 à 3 cM. lengte; canule en buisje zijn gevuld met $^1/_3$ % keukenzoutoplossing. De manometer bestaat uit een, op 'n statief bevestigde, U-vormige glazen buis, waaraan op de plaats van ombuiging een aanzetstuk geblazen is; hieraan is een caoutchouc ballonnetje (of een

[1]) M. W. v. SCHULTÈN. Experim. Untersuch. ueber die Circulationsverhältnisse des Auges u. s. w. V. Graefe's Arch. 1884, Abtheil. II.

van onder gesloten caoutchouc slang) bevestigd, hetwelk door een schroef meer of minder gecomprimeerd kan worden. Het korte been van de U-buis is door een klein stukje caoutchouc met 'n thermometerbuis verbonden; deze is op zijn beurt weer, via een fijn glazen buisje met de canule verenigd. Het kwik uit 't caoutchouc reservoir wordt door de schroef op 'n bepaalde hoogte in de manometer gedrukt; de rest van de manometer en de capillaire (thermometer) buis wordt zódanig met keukenzoutoplossing gevuld, dat er een fijne luchtbel in de capillaire buis blijft zitten. Dan wordt 't open manometerbeen afgesloten en na invoering van de canule in 't corpus vitreum weer geopend. De plaats van de luchtbel in de capillaire buis wordt gemarkeerd en dan 't klempincet verwijderd dat de canule van de capillaire buis afsluit. Dan gaat de luchtbel van z'n plaats, maar door draaien aan de schroef brengt men 't kwik in 't open manometerbeen zó hoog dat de luchtbel in evenwicht blijft. De daarvoor nodige druk kan men dan aflezen.

Hoewel ik geen proeven genomen heb waarbij de druk in het corpus vitreum wordt gemeten, schijnen mij de hiertegen ingebrachte bezwaren steekhoudend.

Ten eerste immers ondergaat het oog zeker niet minder prikkeling bij een perforatie van sclera en chorioidea en een verwonding van het glasachtig lichaam, dan bij een doorboring van de cornea, terwijl dan toch feitelik de methode verzonnen is juist ter wille van een mindere mate van prikkeling.

Vervolgens verstopt 't geleiachtige glasvocht gemakkelik de canule, zodat men wel nog onder vrij hoge druk vloeistof *in* het oog kan drijven, maar het gewoonlik onmogelik is de druk daarna weer te verlagen. Neemt men, om hieraan zoveel als doenlik is tegemoet te komen, een wijdere, dus dikkere canule, dan moet deze met meer kracht ingebracht worden en loopt men een grote kans bij de onvermijdelike

vaatverwonding een sterker circulatiestoornig te krijgen dan de vaatstoornis door terugwerking die VAN SCHULTÈN vreesde te krijgen bij drukmeting in de voorste oogkamer.

Alvorens nu over te gaan tot de beschrijving van de meer ingewikkelde, maar zeer fraaie manometer van WESSELY, voor eenige jaren uitvoerig in het Archiv für Augenheilkunde beschreven, rest mij nog te noemen de differentieel-manometer van HAMBURGER, en verder enkele methoden voor 't maken van oogdruk-*curven*.

De differentieel-manometer van HAMBURGER [1]) bestaat uit een omgekeerde U-buis, welks uiteinden elk een buigbaar metalen buisje dragen; hieraan bevinden zich de canules, waarvan de ene in de voorste oogkamer, de andere in het corpus vitreum wordt gestoken. Door middel van een er zich op bevindende buis worden de beide benen van de U-buis gevuld met gekleurde physiologiese zoutsolutie, het bovenste deel van het U-vormige verbindingsstuk met petroleum. Een eventueel drukverschil in de beide delen van het oog moet zich uiten door een verschuiving van de grens tussen petroleum en de andere vloeistof. Daar de buis gegradueerd is, kan men de grootte van het drukverschil aflezen.

Gelijk wij bij de beschrijving van de manometers van HÖLTZKE, v. SCHULTÈN e. a. zagen is het dus mogelik een vermeerdering of vermindering van de bulbusinhoud te vermijden, mits men maar begint in het open manometerbeen een overdruk van een goeie 20 Mm. kwik aan te brengen, en dan na opening van de verbinding met het oog het kwik in 't naar 't oog gekeerde been weer op z'n oorspronkelike stand te brengen, als 't die verlaten heeft.

Heeft men nu evenwel een langerdurend experiment, dan moet die regulering telkens, bij elke aanzienlikere drukwis-

---

[1]) C. HAMBURGER. Beitrag zur Manometrie des Auges. Centralbl. f. Prakt. Augenheilk. 1898.

seling in het oog, gebeuren; anders zou de veranderde stand in het *open* been (waar immers de druk afgelezen wordt) slechts een *deel* aangeven van de drukwisseling die in 't oog heeft plaats gehad. Dit maakt een zeer nauwkeurige graphiese registratie van de intra-oculaire druk haast onmogelik. Van degenen die zich hiermee bezig hebben gehouden, hebben dan ook sommigen zich om de fout, die zij door achterwege laten van de regulatie begingen, niet bekommerd.

Dit is b.v. het geval bij BELLARMINOFF [1]), de eerste die curven van de intra-oculaire druk heeft gemaakt (in 1885). Hij gebruikte een manometer van v. SCHULTÈN, die door een lange horizontale glazen buis met het oog communiceerde. Deze buis was gevuld met een gekleurde vloeistof die de photochemies werkzame stralen absorbeerde; alleen de zich in de vloeistof als indicator bevindende luchtbel liet die stralen door. De buis is in een horizontale spleet van een camera opgenomen; achter de spleet wordt door een uurwerk een reep broomzilverpapier in *verticale* richting verschoven; de schommelingen van de luchtbel worden hierop gephotographeerd.

KAHN [2]) nam een gewone, reguleerbare kwikzilvermanometer; op de kwikmeniscus in het open been bevond zich een fijn drijvertje, dat op een roterende trommel de curve schreef.

Ten slotte STARLING en HENDERSON [3]). Dezen gebruikten een watermanometer die met een schrijvende zuiger in verbinding stond. Door een zijdelings aangebracht waterreservoir, dat met de manometer communiceerde en welks hoogte varieerbaar was, konden zij de stand van een als indicator dienende luchtblaas in de naar 't oog gekeerde buis gedurende de hele duur van 't experiment reguleren. Op de

[1]) Pflügers Archiv 1885.
[2]) Zentralblatt f. Physiologie, 1906.
[3]) Journal of Physiology, 1904.

zuiger bevond zich een hefboom die op de trommel schreef. Hierbij heeft weinig inhoudsverandering plaats, maar men krijgt meer een curve van de regulaties dan van de oogdruk zelve.

Terwijl de tot nu toe beschreven ophthalmomanometers alle vrij eenvoudig van constructie waren is de nu te bespreken manometer van WESSELY [1]) ingewikkelder. Hij voldoet echter aan zeer hoge eisen van nauwkeurigheid. Het instrument bestaat uit twee delen:

1°. De manometer.

2°. Het registreerapparaat of *Tonograaf.*

Beginnen wij met de beschrijving van de manometer. Deze bestaat uit een U-vormige buis, waarvan 't lumen 1,3 mM. is. [Doorsnee 1,3 mM.; $r = 0{,}65$; $r^2 = 0{,}319255$ mM^2. $\pi r^2 = 3{,}1415 \times r^2 = 1{,}0028453375 = \pm 1$. Inhoud van 1 mM. hoogte is dus 1×1 mM^2. $= 1$ mM^3.]. Eén mM. hoogte van de buis bevat dan juist één mM^3. kwik. Van boven zijn de buizen ter makkeliker vulling verwijd. In hun onderste U-vormige verbinding gaan de beide benen in een 3e buis over, die zich eerst zijdelings, en dan naar boven ombuigt en zich tot een kwikreservoir verwijdt: dit reservoir wordt door een stalen schroef luchtdicht afgesloten.

Het geheele apparaat is erop gemaakt de druk in beide ogen gelijktijdig te meten; aan het naar het oog gekeerde manometerbeen is daarom een zijbuis aangebracht, die zich weldra vorkvormig in twee buizen deelt; deze laatste buizen zijn door korte, dikwandige stukjes caoutchouc met de canules voor beide oogen verbonden. Tevens gaat van elk dezer buizen een wijdere buis af, die door een nauwkeurig sluitend stelsel van stukjes glas en caoutchouc naar het registreerapparaat voert.

Aan het toestel bevinden zich meerdere kranen zódanig

---

[1]) Dr. K. WESSELY. Experim. Unters. ueber den Augendruck, u.s.w. Archiv f. Augenheilk. 1908.

dat elk oog òf met de manometer, òf met de tonograaf, òf met beide tegelijk in verbinding kan worden gesteld. Het gehele manometer-apparaat is van de canules af tot aan de kwikmeniscus in 't binnenste been toe gevuld met 8 ‰ physiologiese zoutsolutie. Na inbrenging van de canules in de ogen zet men eerst elk oog afzonderlik met de manometer in verbinding en bepaalt door niveauregeling de in elk oog heersende druk (afleesbaar dus in 't buitenste been). Voor de registratie van dezen druk dient dan de nu te beschrijven *tonograaf*. Deze berust op het principe van de zogenaamde sphygmoskoop van MAREY. Bij dit werktuig, door MAREY aangewend voor 't maken van bloeddrukcurven wordt de drukking overgebracht op de binnenwand van een veerkrachtig caoutchouc vliesje, terwijl de verschillende uitzettingen door een hefboom op een trommel worden geschreven.

Wat nu de constructie van de tonograaf aangaat, deze bestaat uit een nauwe metalen buis (door middel van een zijbuisje te vullen); bovenaan de buis is 'n gleuf, waarop een membraam van zeer fijn gummi waterdicht gebonden en gekit wordt. Midden bovenop de membraam is een heel klein stalen half kogeltje gekit dat het hefboommechanisme draagt. Dit laatste bestaat uit een heel dunne stroohalm, bevestigd op een horloge-asje, die met z'n punten in twee achaten steentjes uitloopt. De stroohalm rust op 't kogeltje door een uiterst fijn, eraan gekit, rechthoekig stukje dekglas. Zo is er haast geen wrijving en 't gewicht van alle delen is gering. Aan het einde van de stroohalm is een gebogen punt van uiterst elasties en dun geölied papier om op de trommel te schrijven. Het metalen buisje is geheel met keukenzout gevuld en door een glas-slang verbinding met de manometer verbonden. Het is ten opzichte van 't toestel waarop de hefboom vastzit door schroeven te verschuiven. Daardoor kan zowel de hoogte als 't draaipunt van de hefboom verplaatst worden.

Bij 't gebruik gaat men nu aldus te werk: Men zorgt dat

de openingen van de canules, 't nulpunt van 't kwik en de gummimembranen zich even hoog bevinden daar anders de waterdruk in de buizen een fout in de meting veroorzaken zou.

Dan bepaalt men dus, zoals boven gezegd is, de in beide ogen heersende druk, brengt dan elke kapsel op de gevonden drukhoogte (dit kan gemakkelik omdat elk metalen buisje langs een statief verschoven worden kan), en zet dan eerst 't oog met de tonograaf in verbinding. Terstond moet dan de hefboom de pols- en ademhalingswisselingen laten zien. Daar de elasticiteit van de membranen verandert, moeten zij telkens geijkt worden; daartoe laat men de tonograaf met de manometer communiceren, stelt 't kwik achtereenvolgens op 10, 15, 20 enz. mM., en tekent bij elke stand van de hefboom een streep ermee op de trommel. Hierdoor kan men dan ook aan de curven steeds de *absolute* waarden aflezen.

Hiermee heb ik beschreven wat ik van ophthalmomanometers in de litteratuur heb kunnen vinden. Het is waarschijnlik dat bij de vele onderzoekingen die er aangaande de intraoculaire drukking gedaan zijn, er door sommigen wel eens variaties zullen zijn aangebracht, maar publicaties hiervan heb ik altans nergens aangetroffen.

De manometer die ik bij eigen experimenten gebruikt heb, verschilt in principe niet veel van de meeste der beschrevene: ik kom hierop bij 't bespreken dier experimenten terug.

IV.

HISTORIES OVERZICHT VAN DE METHODEN VAN OPHTHALMOTONOMETRIES ONDERZOEK.

De onnauwkeurigheid van de resultaten der digitale tonometrie bracht gelijktijdig (in 1863) en onafhankelik van elkaar A. von Graefe in Berlijn en Hamer in Utrecht er

toe, te trachten een instrument te vinden, waarbij men de aangewende kracht niet hoefde te schatten, maar aflezen kon. Beide instrumenten berusten op het principe der *Impressie-tonometers*; hierbij bepaalt men de hoogte van de intraoculaire druk uit de verhouding tussen de diepte van de indruk die men in de bulbus maakt enerzijds, en de daarvoor nodige kracht anderzijds.

Het door v. GRAEFE [1]) geconstrueerde instrument bestaat uit een klein staafje, dat door middel van een belaste, eenarmige hefboom tegen het oog wordt aangedrukt; op een schaal kan men aflezen, hoever 't staafje de spanning van de bulbus bij verschillende belasting overwinnen kan.

V. GRAEFE liet het instrument op de orbitaalrand rusten, zodat een absolute fixatie van het oog, en daardoor narcose van de onderzochte persoon nodig was.

HAMER [2]) construeerde zijn tonometer onder leiding van DONDERS, in het gasthuis voor ooglijders te UTRECHT. Het instrument bestaat uit een metalen buis, waar een stift uitsteekt; de stift staat in verbinding met een opgewonden horlogeveer. Drukt men 't instrument zó tegen de bulbuswand, dat de rand van de buis juist de sclera raakt, dan zàl de stift aan de ene kant de bulbus indrukken, en aan de andere kant terug wijken tegen de spanning van de veer in; in welke mate dit gebeurt, hangt af van de hoogte van de intraoculaire druk. De horlogeveer werkt op een wijzer, die op een gegradueerde schaal aanwijst hoever de stift is ingedrukt. De schaal werd ingedeeld door op dode ogen de druk eerst manometries en dan met de tonometer te bepalen.

Bij het gebruik van dit instrument dient rekening te worden gehouden met de kromming van het vlak, waar men het op zet. Daarvoor dient een apart instrument, bestaande uit een tubus van dezelfde doorsnee als die van

---

[1]) SNELLEN—LANDOLT. Die Funktionsprüfungen des Auges. Handb. d. ges. Augenheilk. v. Graefe—Saemisch II.

[2]) Loco eodem.

de tonometer en met een dergelijke stift erin, die nu echter met uiterst weinig wrijving in en uit kan worden geschoven.

Naar dit principe werden in Utrecht successievelik drie, telkens betere, instrumenten gemaakt; toch leverden deze bij 't gebruik nog allerlei moeilikheden op, zodat DONDERS zich tot DOR wendde met 't verzoek de tonometer door een der beroemde horlogemakers van Genève zo volkomen mogelik te doen maken. In 1865 demonstreerde DOR [1]) dan ook op 't Heidelberger congres de door LECOULTRE, naar DOR's aanwijzingen, geconstrueerde tonometer, welke in principe met die van HAMER overeenkomt. De spiraalveer is hier vervangen door een rechte, stalen veer, welks spanning gauwer toeneemt daar hij korter is. De veer kan door een zijdelings aangebracht hefboompje naar boven worden gedrukt, zodat zijn werking kan worden opgeheven, en men dus met 'tzelfde instrument de kromming van de sclera, zonder dat er druk op werkt, kan bepalen.

Bij deze tonometers houdt men dus rekening met twee factoren, n.l. de diepte van de indruk in de sclera en de daarvoor nodige kracht; hoe groter de intraoculaire druk is, des te minder diep is die indruk en des te groter moet de drukkracht zijn. Nu zijn dit twee variabele factoren, die resultaten geven, die lang niet bij alle onderzoekingen direct te vergelijken zijn. Immers, terwijl 'n geringe kracht bij een week oog al een diepe indruk geeft, kan men dikwels bij een hard oog, zelfs met krachtige druk, zo'n indruk in 't geheel niet krijgen.

DOR zag dit in en stelde voor, de drukkracht constant te nemen; daarvoor werd de tonometer niet met de hand vastgehouden, maar aan een draad opgehangen, zodat er steeds 'tzelfde gewicht, de zwaarte van de tonometer, op 't oog rustte. Hiervoor moet echter 't oog weer even onbewegelik zijn als bij 't instrument van v. GRAEFE.

---

[1]) H. DOR. Ueber ein verbessertes Tonometer. Klin. Monatsblätter f. Augenheilk. VI, 1867.

Eveneens uitgaande van 't principe, de drukkracht constant te doen zijn, liet DONDERS door STROH in Londen een tonometer construeren. Deze heeft de vorm en grootte van een horloge; uit de horlogekast steekt een stift uit, die eindigt met twee knoppen, waardoor het scheef opzetten van het instrument gemakkeliker vermeden wordt. De veer waarop de stift drukt, is zó lang dat zijn spanning nagenoeg altijd gelijk blijft en dus als constante drukkracht fungeert. Op de wijzerplaat van het horloge leest men dan af hoe diep de veer in de sclera is gedrongen.

Alvorens verder te gaan met de beschrijving der tonometers, die zich als 't ware uit die van HAMER ontwikkeld hebben, rest mij de bespreking van een instrument, in 1863 door A. WEBER uit Darmstadt vervaardigd. Het neemt een aparte plaats in onder de tonometers van die tijd; eigenlijk werd er nauweliks notitie van genomen en toch berust 't op een beter principe, dat wij later uitvoeriger zullen toelichten. Terwijl immers alle andere tonometers rekening hielden met de diepte van de indruk, die in de sclera gemaakt werd, z.g. *impressie-tonometers* waren, is dit instrument het eerste van de later te bespreken *applanatie-tonometers*. In het algemeen stemt 't wel met de tonometers van zijn tijd overeen: een stift staat onder de toenemende druk van een spiraalveer; deze veer bevindt zich in een buis die in twee staafjes eindigt; op de buis is af te lezen hoever de veer is opgedrukt. Zodra de sclera door de veer *plat* gedrukt is blijft de veer staan; op 't ogenblik n.l. dat 't uiteinde van de stift in één vlak is met de uiteinden van de twee zijdelingse staafjes, springt een veerende stang los, die op de bewegelike tubus, die de schaal draagt, remmend werkt. Men kan dus al zijn aandacht wijden aan het nauwkeurige opzetten van het instrument en dan later aflezen welke kracht men nodig heeft gehad om de sclera plat te drukken. Eén ding schijnt mij bij deze tonometer onjuist; op 't ogenblik dat de drie staafjes in één vlak staan, is de

sclera niet meer *plat* gedrukt; dan is hij al *in*gedrukt, tenzij de uiteinden der drie staafjes vlak bij elkaar liggen. En daarom kleeft ook aan dit instrument dezelfde fout als aan de tonometers van HAMER, DOR enz. Ze zijn er n.l. op gemaakt dat de druk eerst afgelezen wordt als de *tubus*, of wat als zodanig dienst doet, de sclera raakt; en als nu de stift vrij ver uit de tubus steekt, dan moet hij dus eerst al vrij diep in de sclera worden gedrukt, vóórdat de tubus zover gekomen is; intussen wordt dan door de voortgezette druk de intraoculaire drukking kunstmatig veranderd.

In de tonometer van A. F. W. MONNIK [1]) in 1870 in de ogenkliniek te Utrecht ontworpen en door W. VERLAAN uitgevoerd is deze fout vermeden. Men kon dit instrument op twee manieren gebruiken; 1°. kan men bij verschillende onderzoekingen telkens 'tzelfde gewicht nemen en zien, hoe diep de indruk, daarmee gemaakt, is; 2°. kan men telkens dezelfde indruk maken en aflezen welk gewicht daarvoor noodig was.

MONNIK verving in de tonometer van HAMER de onbewegelike tubus door twee staafjes, die met geringe wrijving ingeschoven kunnen worden; gezamenlik werken deze op een wijzer, die op een wijzerplaat de verandering in plaats der beide staafjes aangeeft. Midden tussen de twee staafjes bevindt zich een derde, grotere, stift die op een andere wijzer werkt en die bovendien onder de druk staat van een korte veer, welks spanning toeneemt als de veer opgeduwd wordt. Door die 2e wijzer wordt behalve de stand van de middelste stift ook de spanning van de veer aangegeven, Wil men nu b.v. met een gewicht van 10 gram drukken, dan drukt men zolang tot de wijzer 10 gram aanwijst op de plaat. De wijzers zijn zó ingericht dat ze na elke meting blijven staan.

---

[1]) A. F. W. MONNIK. Een nieuwe tonometer en zijn gebruik. Ned. Arch. v. Genees- en Natuurkunde V.

MONNIK nam gewoonlik de diepte van de indruk die hij in 't oog maakte als uitgangspunt voor z'n vergelijkingen. Daarom maakte hij aan de wijzer die met de middelste stift in verbinding stond een kleinere wijzerplaat vast die met de wijzer meebewoog en waarop men dadelik het verschil in stand tussen de beide wijzers, respectievelijk tnssen de middelste stift en de beide uiterste, aflezen kon.

Het instrument van MONNIK is moeilik te hanteren; men moet oppassen dat het goed op 't oog gezet wordt en tegelijk op beide wijzers letten. Volgens hen die 't instrument van MONNIK gebruikten is dit bijna ondoenlik en ook MONNIK zelf geeft toe dat 't veel oefening eist. Zoals we zagen is bij de tonometer van WEBER in dit bezwaar voorzien.

MONNIK en WEBER hebben als *uitgangspunt* voor hun metingen genomen de verschuiving van de middelste stift t. o. z. van de beide uiterste; met andere woorden: ze namen constant de indruk (respektivelik de afplatting) van de sclera en lazen dan af hoe zwaar 't drukkende gewicht was.

SNELLEN [1]) neemt liever een constant gewicht en meet vorm en diepte van de indruk, daarmee verkregen; immers men kan 't gewicht zo gemakkelijk constant maken, terwijl de indrukbaarheid van de bulbus van verschillende momenten afhangt, als: de intraoculaire druk, de wegdrukbaarheid van het bloed in de vaten, misschien ook van de lymfe in de lymfbanen, en vooral van de elastiese spanning van de bulbuswand. Al deze dingen hebben niet alleen invloed op de diepte van de indruk, maar ook op de vorm.

SNELLEN construeerde een instrument, dat meteen toestond de breedte en vorm van de indruk te bepalen. Het bestaat uit een tubus, waarin zich drie stiften, onafhankelik van elkaar, verschuiven laten, en waarvan de middelste met een spiraalveer verbonden is. De buitenste zijn met uiterst

---

[1]) SNELLEN—LANDOLT. Die Funktionsprüfungen des Auges. Handb. der gesammt. Augenheilk. v. Graefe—Saemisch II, 1874.

weinig wrijving verschuifbaar en dragen elk een millimeterschaal, waarop men de stand der drie stiften onderling en dus ook de *diepte* van de indruk kan aflezen. Zodra de spiraalveer tot een bepaalde graad van spanning is samengedrukt, springt een 2e veer los, die de drie stiften in hun onderlinge stand fixeert.

Het oogenblik, waarop dit remtoestel in werking moet treden, kan men vooraf willekeurig bepalen, en wel zódanig, dat de druk die de veer door z'n spanning uitoefent, van 5 tot 30 gram variëren kan. De beide uiterste stiften laten zich gemakkelik in meerdere of mindere mate van elkaar trekken, zodat men, enige malen onderzoekende, bij telkens verschillende afstanden dier twee stiften, tot de breedte en vorm van de indruk besluiten kan. Met deze tonometer wordt dus met een gegeven kracht een indruk in de sclera gemaakt, waarvan men alle afmetingen bepalen kan.

Impressietonometers zijn later nog gemaakt, door PRIESTLEY-SMITH, LAZERAT en HELMBOLD [1]); om niet te uitvoerig te worden zij hier alleen de laatste nog even nader besproken, daar dit een z.g. *differentiaal-tonometer* was. Hij bestaat uit twee verende tonometers, waarvan op elk oog eén rust. Ze zijn verbonden door een dwarslat, op welks midden een bepaalde druk uitgeoefend wordt. Op een schaal vergelijkt men de diepten der indrukken op beide ogen.

Na SNELLEN maakten IMBERT en A. FICK erop opmerkzaam, dat de diepte van een indruk in de sclera behalve van de intraoculaire druk en enkele bijkomende factoren, vooral afhangt van de wandspanning van het oog. Nu bestaat er wel een vaste verhouding tussen wandspanning en intraoculaire druk, uitgedrukt in de formule $T = \frac{Pr}{2}$, waarbij T de wandspanning, P de intraoculaire druk en r

[1]) HELMBOLD. Eine Methode Spannungsdifferenzen im Auge zu messen. Klin. Monatsbl. f. Augenheilk. 1896.

de straal van de oogbol voorstelt, maar zelfs met de tonometer van SNELLEN is die T prakties, niet te bepalen uit de verhoudingen van de gemaakte concave indruk, daar men hiertoe allerlei hoeken en stralen noodig heeft, die aan het levende oog niet te meten zijn.

IMBERT en FICK hebben, onafhankelik van elkaar, bewezen dat men die wandspanning elimineren kan. FICK toont 't aldus aan: Een juist op de helft van zijn lengte geknikte draad zij met de kracht P gespannen; op de knikkingsplaats werke van boven de kracht Q. Zal de draad in deze houding in evenwicht zijn, dan moet van onder af een kracht werken groter dan Q, daar de bovenste kracht Q ondersteund wordt door de van boven naar beneden werkende componenten van de spanning P. Is de draad daarentegen recht gespannen, dan is er evenwicht als er van boven en beneden dezelfde kracht Q op werkt; immers dan komen er geen spanningscomponenten in aanmerking.

Nemen we nu in plaats van een draad een blaas met een buigzame membraneuse wand, en waarin een hydrostatiese druk Q werkt. Oefenen wij hierop met een vlak plaatje een druk Q′ uit, zódanig dat de aangrenzende deelen van de blaaswand een wal om 't plaatje vormen, dan maakt de kracht Q′ evenwicht:

1°. met de op de oppervlakte van het plaatje werkende binnendruk Q;

2°. met componenten van de blaaswandspanning, q.

Drukt men het plaatje evenwel zo diep in, dat de aangrenzende delen van de blaaswand met de ondervlakte van het plaatje in één plat vlak liggen, dan maakt de kracht Q_1 evenwicht met kracht Q. De wandspanning wordt geheel geëlimineerd, daar nóch volgens de kracht Q_1, nòch volgens de hydrostatiese druk een component ervan inwerkt; immers de richting waarin de wandspanning werkt, valt rondom de geheele rand van het plaatje *in* het vlak hiervan.

Applanatie-tonometers. Op grond van deze redenatie construeerde A. FICK in 1888 een *applanatie-tonometer*, welke door zijn zoon R. A. FICK uitvoerig beschreven is. De eerste applanatie-tonometer was dit eigenlijk niet; wij leerden reeds die van AD. WEBER kennen, welke in 1863 vervaardigd was; deze was echter minder goed daar de afplatting van de sclera geen zuivere was.

De tonometer van FICK [1]) is als volgt:

Een verende reep staal werkt door middel van een vlak plaatje op de sclera, welke laatste juist plat gedrukt moet worden; op een schaal leest men de daarvoor nodige kracht, in grammen af. Het apparaat is zo gemaakt, dat het verende deel van de stalen reep vrij zwevende is en dus niet de minste wrijving heeft. Het apparaat is in zijn geheel door een houten lijstwerk omgeven, waaraan de schaal bevestigd is en waardoor het hele instrumentje makkelik hanteerbaar is. De schaal is zó ingedeeld, dat elk streepje erop overeenkomt met één gram belasting van het plaatje; dit laatste is 6,8 mM. in doorsnee, zodat een kwikkolom van 2 mM. hoogte die hierop rust, juist één gram weegt.

[Gegeven: gewicht van de Hg. kolom = 1 gram.
Doorsnee grondvlak = 6,8 mM.
Gevraagd: hoogte (x) van de kwikkolom.
Gewicht = volume × s.g. Volume = grondvlak × x = $\pi r^2 x$.

$$1 = \pi r^2 \times x \times 13{,}6$$

$$x = \frac{1}{\pi r^2 \times 13{,}6} \text{ bij r in cM.'s of } \frac{1000}{\pi r^2 \times 13{,}6} \text{ bij r in mM.}$$

$$x = \frac{1000}{3{,}1415 \times 11{,}56 \times 13{,}6} = \frac{1000}{493{,}9} = \text{iets meer dan } 2].$$

Leest men dus b.v. op de schaal 12 af, dan heerst er

---

[1]) A. FICK. Ueber Messungen des Druckes im Auge. Pflüger's Arch. f. Physiologie 42.

dus op 't tonometerplaatje een drukkende kracht van 24 mM. kwik. En dan komt dus ook de intraoculaire druk overeen met 24 mM. kwik, daar immers volgen 't principe van deze tonometer de *hydrostatiese druk op het oppervlak dat door de tonometer gedrukt wordt, gelijk is aan de drukkende kracht.*

Men gebruikt het instrument aldus: terwijl de onderzochte het hoofd achterover buigt en de blik zijwaarts richt, wordt 't plaatje *loodrecht* op de sclera gezet en er tegen gedrukt; zodra zich op zij van het plaatje wallen *beginnen* te vormen, leest men af. Een 2e aanwijzing dat het juiste oogenblik bereikt is, zijn de sclera-reflexen, die dan op de rand van het plaatje optreden. Het is wel eenigszins moeilik, tegelijkertijd hierop te letten en af te lezen; om dit te vergemakkeliken hebben KOSTER en OSTWALT het instrument van FICK gemodificeerd (in 1895).

Het instrument van KOSTER [1]) geeft door een eenvoudig remapparaat het ogenblik aan, waarop 't plaatje juist overal de sclera raakt en fixeert tegelijk de dan bereikte stand, zoodat men het instrumentje van het oog kan nemen en daarnà de druk aflezen.

OSTWALT [2]) brengt achter de schaal van de tonometer van FICK een met roet bestreken glazen plaat aan, waarop door middel van een stift de plaatsverandering van de veer wordt opgeschreven. Men hoeft dus eerst nà de meting af te lezen.

Bij het instrument van FICK en de modificaties hiervan, hebben we dus een plat gedrukt vlak van gegeven diameter, terwijl de kracht om deze afplatting te veroorzaken, bepaald moet worden.

---

[1]) W. KOSTER. Beitrag zur Tonometrie und Manometrie des Auges v. Graefe's Arch. 41.

[2]) OSTWALT. Modification de l'Ophtalmotonomètre de Fick. Rev. géner. d'Opht. 14.

Het tegenovergestelde zien we bij de applanatie-tonometer van MAKLAKOFF [1]) (1892); hier is een constante kracht, terwijl de diameter van het afgeplatte stuk *cornea* gemeten wordt:

In een holle metalen cylinder glijdt een stuk lood vrij op en neer om 't zwaartepunt naar beneden te verplaatsen; cylinder plus inhoud hebben een bepaald gewicht, b.v. 10 gram. De cylinder eindigt aan weerskanten in een halve kogel, waarvan het eindvlak gevormd wordt door een gepolijste wit-glazen plaat van één cM. doorsnee. Die glasplaten zijn overtrokken met een dunne laag glycerine-eosine oplossing.

Door middel van een handvatsel, waarin de cylinder hangt, zet men deze op 't midden van de gecocaïniseerde cornea van de horizontaal liggende patiënt. Zodra het instrument geheel op de cornea rust, licht men het gauw weer op. Het gedeelte van de cornea dat door de cylinder plat gedrukt is, heeft tengevolge van z'n vochtigheid de kleurstof op de corresponderende plaats van de glasplaat uitgewist. Drukt men die glasplaat nu weer af op gepraepareerd papier, dan geeft het centrale, kleurloze deel van die afdruk aan, hoe groot 't afgeplatte stuk van de cornea is. Men meet nu van het kleurloze deel de doorsnee en kan dan de hoogte van de drukkende kwikzuil (en dùs van de intraoculaire druk) vinden uit de formule

$$x = \frac{10 \times 1000}{\pi r^2 \times 13{,}6}.$$

FICK, die ook volgens de methode van MAKLAKOFF gewerkt heeft, zegt dat deze niet nauwkeurig is; hij kreeg tenminste nooit voldoende scherp begrensde ringen, daar om 't aanrakingvlak heen wat vloeistof verder kruipt, die

---

[1]) MAKLAKOFF. Contribution à l'ophtalmotonomètre. Arch. d'Ophtalm. 12.

de kleurstof oplost en zodoende de grenzen onduidelik maakt. Om dezelfde reden beweert ook OSTWALT met de tonometer van MAKLAKOFF geen nauwkeurige uitkomsten te krijgen.

De tonometers van FICK en MAKLAKOFF zijn in de laatste jaren de meest gebruikte geweest; en eerst in 1908 vinden wij iets nieuws in de tonometer van SCHIÖTZ.

SCHIÖTZ komt op tegen de onderscheiding in impressie- en applanatie-tonometers; hij ontkent het principiële verschil in hun werking. Hij heeft curven gemaakt van met de manometer communicerende oogen en hij vond dat de verhouding tussen intraoculaire druk en indrukbaarheid *niet* veranderde als men van applanatie in impressie overgaat. Met 't apparaat van MAKLAKOFF en met zijn eigen tonometer kreeg hij dezelfde curve-typen.

SCHIÖTZ begon met een instrument te construeren dat een constante indruk gaf en waarbij men dan door middel van een kwikzilvermanometer de daarvoor nodige kracht kon aflezen; als eindresultaat verkreeg hij hieruit een tonometer met constante kracht en wisselende indruk, of juister gezegd een combinatie van deze twee systemen.

Het instrument is als volgt:

Een van boven toegespitst metalen staafje van 3 mM. doorsnee glijdt ± zonder wrijving op en neer in een huls. Deze huls eindigt in een voetstuk van 9 mM. doorsnee, welks concave ondervlakte een kromtestraal van 15 mM. heeft.

Op de punt van het staafje rust, bij rechtop gehouden instrument, de korte boogvormige arm van een hefboom, die door zijn zwaarte de bewegingen van het staafje volgt. Het staafje grijpt 4 mM. van het draaipunt aan. De lange hefboomsarm is een wijzer van 80 mM. lengte, de uitslag van de wijzer is dus 20 × groter dan de beweging van het staafje.

Als het ondereind van het staafje *in* het niveau van de concave vlakte van de huls staat, staat de wijzer op 't nulpunt

van een er achter aangebrachte, boogvormige, millimeterschaal; glijdt 't staafje 1 mM. naar beneden dan slaat de wijzer 20 mM. uit. Bij 't gebruik zet men het apparaat loodrecht op de naar boven gerichte, anaesthetiese cornea van de horizontaal liggende patient en leest af hoeveel mM. de wijzer uitslaat. De kromtestraal van de ondervlakte van het instrument is groter dan die van de cornea, m. a. w. de cornea is sterker gekromd; dus kan 't staafje niet al 'n indruk op de cornea maken nog vóórdat de huls erop rust.

Hoe weker nu 't oog is, hoe meer 't staafje erin kan zakken; dus des te groter uitslag maakt de wijzer. Soms echter is 't oog zó hard dat 't staafje er absoluut geen indruk in kan maken; ja zelfs eerder opgeduwd wordt door de sterker gekromde cornea; dan staat de wijzer dus op nul, of minder dan nul. Om ook in deze gevallen de intraoculaire druk te kunnen bepalen, zijn aan het instrument verschillende gewichten toegevoegd waarmee het staafje bezwaard kan worden.

In het Archiv für Augenheilkunde (1908 en 1909) staan de tabellen opgenomen met hyperbolen, waarop men kan aflezen hoeveel mM. kwik overeenkomen met een bepaalde uitslag bij een bepaalde belasting.

Zonder gewicht wegen hefboom plus staafje 4 gram; zó wordt 't gebruikt bij hypotoniese ogen.

Hiermee ben ik aan 't eind gekomen van mijn overzicht van de verschillende wijzen, waarop in de laatste halve eeuw getracht is, de intraoculaire drukking te bepalen. En nu de resultaten in de loop der tijden verkregen:

De normale intraoculaire drukking variëert bij mensen en bij de gewoonlik voor proefnemingen gebruikte zoogdieren van 20 tot 30 mM. kwikdruk.

Volgens GRÄSER neemt de hoogte van de druk bij dezelfde diersoort met de grootte van het individu toe.

Daar in de regel naast de intraoculaire druk niet de bloedsdruk bepaald is, blijft 't onzeker in hoeverre de resultaten bij genarcotiseerde dieren waarde hebben, daar algemene narcose de bloedsdruk verlaagt; terwijl curare b.v. de werking van de uitwendige oogspieren opheft, en plaatselik dus de druk verlaagt.

Het volgende lijstje is grotendeels ontleend aan LEBER, Handbuch der Augenheilkunde. 't Aantal opgaven van niet-genarcotiseerde dieren is slechts gering.

WEGNER vond bij konijntjes 18—35 mM., gemiddeld 26,5 mM.

TH. LEBER, bij 2 bepalingen, 18,5—29,5 mM., gemiddeld 23,2 mM.

NIESNAMOFF bij locale cocaïninwerking 25 mM.

Katten. HÖLTZKE en GRÄSER vonden bij *katten*, die genarcotiseerd waren met een mengsel van chloroform, aether en absolute alcohol 28,4 mM.; na morfine-injectie 18,5 mM.; bij curarewerking 16 mM.

ADAMÜK vond bij chloroformnarcose 22,27 mM., gemiddeld 24,2 mM.

GRÜNHAGEN bij curare-inwerking 22—29 mM., gemiddeld 25,5 mM.

v. HIPPEL en GRUENHAGEN, bij gelijktijdige atropine-inwerking 22—24 mM.

STOCKER 25—32 mM., gemiddeld 28,5 mM.

Bij konijnen vond PFLÜGER met curare 18 mM.

v. SCHULTÈN met curare of chloral 15—30 mM., gemiddeld 22,5 mM.

v. HIPPEL en GRÜNHAGEN met curare 25—30 mM.

STOCKER met Billroth's chloroformmengsel 18—20 mM.

Bij honden vond v. SCHULTÈN met curare 24 mM.

ADAMÜK met opiumnarcose 15—24 mM., gemiddeld 19,5 mM.

Er is slechts één manometriese meting bekend van een

mensenoog met normale druk; WAHLFORS bepaalde met de manometer van SCHULTÈN de druk in een voor enucleatie bestemd oog en vond 26 mM. Hg. druk (zie blz. 32).

WESSELY, die tegelijkertijd de bloedsdruk bepaalde, vond dezelfde gemiddelde waarde van 26 Mm.; hij vond bovendien 'n zeer groote afhankelikheid van de bloedsdruk, die hij kunstmatig verhoogde en verlaagde.

Wat de tonometers betreft zijn de meeste onderzoekingen gedaan met het apparaat van MAKLAKOFF en is als gemiddelde van een groot aantal proefnemingen een druk van 25 Mm. gevonden.

SCHIÖTZ vindt de normale druk schommelend tussen 22 en 31 Mm., en vindt ook 't vaakst 26 Mm.

Evenwel komt hij hierop in zijn jongste publicatie terug en zegt de druk niet hoger te vinden dan gemiddeld 19 mM.

V.

TOEPASSING DER TONOMETRIE IN DE OOGHEELKUNDIGE PRAKTIJK.

Wij wezen vroeger reeds op de onmogelikheid om de *ophthalmomanometriese* methode te gebruiken voor de kliniese bepaling van de intraoculaire drukking. Toch zijn in dit opzicht enkele belangrijke experimenten gedaan door WAHLFORS [1]). Deze heeft met een manometer van v. SCHULTÈN de druk bepaald van 5 ogen die om verschillende redenen (vrees voor sympathiese ophthalmie, sarcoma orbitae, chronies pijnlik glaucoom) geëxstirpeerd moesten worden. Hierbij vond hij:

---

[1]) WAHLFORS. Ueber Druckmessungen im menschlichen Auge. 7e intern. Ophthalmol. Congr. zu Heidelberg. 1888.

Digitale schatting der intraoculaire druk.	Stand van de manometer.
T N	26 Mm. Hg. druk
T + 1	36 „ „ „
T + 2 à 2,5	71 „ „ „
T — 1	22 „ „ „
T — 2	15 „ „ „

Hoe wetenschappelik belangrijk deze experimenten echter ook mogen zijn, van klinies belang is de methode niet, daar ze uitsluitend op verloren ogen toegepast kan worden.

De *digitale* tonometrie is dan ook nog de meest gebruikelike, immers de meest eenvoudige, manier om te bepalen of een oog hard, zacht of slap is, terwijl er ook nog nuances van deze eigenschappen mee waar te nemen zijn. Maar toch werd in de kliniek het gemis van een eenvoudige, maar meer objectieve en meer nauwkeurige methode van onderzoek nog steeds gevoeld.

Tot 1908 waren de meest gebruikte tonometers die van FICK en MAKLAKOFF; de laatste werd trouwens door velen weer afgekeurd om redenen op blz. 28 vermeld.

Bij de pogingen die ik heb aangewend om de intraoculaire druk te bepalen, ben ik begonnen bij personen met volkomen normale oogen; ik bediende mij eerst van de tonometer van FICK; hierbij bleek evenwel nog een zeer grote mate van subjectiviteit in het spel te zijn. Verschillende personen verrichtten op één oog de bepalingen, en voor ieder was het oogenblik waarbij hij de sclera een wal om het plaatje zag gaan vormen verschillend met dat van z'n voorganger.

Geheel anders is dit met de tonometer van SCHIÖTZ; indien hierbij de verschillende voorschriften goed in acht worden genomen kan een, ook maar eenigszins geoefend onderzoeker, vrijwel direkt een zuiver objectieve bepaling doen. Hoe dit geschiedt besprak ik reeds op blz. 29.

Ik onderzocht eerst 7 mensen met normale ogen: de bij

elke uitslag van de tonometer behorende drukhoogte las ik af van de door SCHIÖTZ experimenteel vervaardigde curves.

Bepalingen met gew. van 5,5 gr.	met gew. van 7,5 gr.
1. Mej. M. 30 j.	
Uitslag van de tonometer:	Uitslag van de tonometer:
4,5	7,5
5	8,5
5,5	8,5
6	9
5	9,5
5	8,5
5	9
5,5	9
6,5	9,5
7	9,5
55 : 10 = 5.55 = *25* mM. Hg. druk	89,5 : 10 = 8,95 = *26* mM.
2. A. R. 59 j.	
5	8,5
4	9
5	9
6	8,5
6	9
6	9
6,5	9
38,5 : = 5,5 = *25* mM.	62 : 7 = 8,85 = *26,1* mM.
3. Mej. R. 28 j.	10
6	11
6	11
7	10
8	11
6	11
7	11,5
40 : 6 = 6,66 = *23* mM.	75,5 : 7 = 10,8 = *24* mM.

Bepalingen met gew. van 5,5 gr.	met gew. van 7,5 gr.
4. W. Z. 30 j.	
Uitslag van de tonometer:	Uitslag van de tonometer:
5	10
5,5	10
6	10
6	10
6,5	10
6,5	10
7	10,5
6,5	10
7	11
7	11
63 : 10 = 6,3 = *23,5* mM. Hg. druk	102,5 : 10 = 10,25 = = *24,5* mM.
5. P. S. 57 jaar.	
6	9
5	10
6	9,5
6	10
7	10
30 : 5 = 6 = *24* mM.	48,5 : 5 = 9,7 = = *25* mM.
6. Mej. W. V. 35 j.	
6,5	11
6,5	10
6	10
6	9,5
7	9,5
32 : 5 = 6,4 = *23,5* mM.	50 : 5 = 10 = = *25* mM.

Bepalingen met gew. van 5,5 gr.	met gew. van 7,5 gr.
7. W. P. 26 j.	
Uitslag van de tonometer:	Uitslag van de tonometer:
7	12
6,5	11
7	12
7,5	12
7,5	12
7,1 = *22,5* mM. Hg. druk	59 : 5 = 11,8 = *23* mM.

Men ziet hieruit dat in normale gevallen de intraoculaire druk schommelt tussen 22 en 26 mM. Hg. druk; dit is geheel in overeenstemming met wat tot dusverre op dit gebied gevonden is.

Opvallend is dat in de meeste gevallen de druk iets daalt gedurende het tonometeren; ik kom hierop weldra terug, maar wil eerst eenige gevallen bespreken waarbij de druk in het oog pathologies verhoogd of verlaagd was.

1°. Pat. J. E., man, 41 jaar.

In 1905 iritis tuberculosa, die genezen is.

Komt in Juni 1908 klagen over pijn boven *rechter* oog; steken en trekken onder wenkbrauw. Pupil nauw door synechiae posteriores. Geen spoor injectie. Klachten verdwijnen spontaan, maar komen in Dec. 1908 weer terug.

Pupil nauw; na atropinisatie blijkt iris rondom vast te zitten, behalve een klein puntje aan bovenkant. Temporaal *bombeert* de iris iets in het midden. Tensie iets verhoogd. Heeft dus kennelik af en toe glaucoom.

Bepaling met tonometer (afgelezen volgens Schiötz' curven).

R. O.		L. O.	
met gew. 7,5 gr.	met gew. 10 gr.	met gew. 5,5 gr.	met gew. 7,5 gr.
7	9	5	8
6,5	9	6	8,5
6,5	9	6	8,5
6,5	9	7	9
7	9	7	9
		7	8,5
33,5 : 5	45 : 5	38 : 6	51,5 : 6
6,7	9	6,3	8,5
31 mM.	34,5 mM.	23,5 mM.	26 mM.
gemiddeld *33* mM. Hg.druk		gemiddeld *24,7* mM. Hg.druk	

We zien hier dus een duidelike drukvermeerdering van het rechter oog, die digitaal eventjes waar te nemen was geweest.

2°. Pat. J. J., man, 57 jaar.

Komt 16 Oct. 1908 in de oogheelkundige kliniek met een glaucoma simplex van het rechter en een glaucoma absolutum van het linker oog. Ik zag hem het eerst op 29 Dec., nadat hij 27 Nov. een iridectomie op het rechter oog had gehad. Digitaal had op 29 Dec. het rechter oog een normale spanning, terwijl het linker oog hard (nagenoeg + 3) was.

Met de tonometer kreeg ik dan ook links met de gewichten van 5,5 en 7,5 gr. geen resultaat; deze gewichten waren blijkbaar niet zwaar genoeg om ook maar enigzins de

bulbus in te drukken, zodat de wijzer steeds minder dan 0 wees.

R. O.		L. O.	
met gew. 5,5 gr.	met gew. 7,5 gr.	met gew. 10 gr.	met gew. 15 gr.
4,5	7,25	1,5	4,75
4,5	7,25	1,5	4,75
4,5	7,25	1,5	4,75
4,75	7,5	1,75	5
5	8	2	5,25
23,25 : 5	37,25 : 5	8,25 : 5	24,5 : 5
4,65	7,45	1,65	4,9
27 mM.	28,5 mM.	63 mM.	67 mM.
gemiddeld *27,75* mM. Hg.druk		gemiddeld *65* mM. Hg.druk	

Men ziet hier duidelik hoe nauwkeurig de tonometer is; het rechter oog scheen voor de onderzoekende vinger, niettegenstaande de duidelike verschijnselen van verhoogd-geweest-zijnde druk (sterk glaucomateuse excavatie van de N. opticus) normaal; de tonometer wijst duidelik enige mM. boven de gemiddelde intraoculaire druk aan.

3°. Pat. C. U., man; 65 j.

Komt 19 Jan. 1909 in oogheelkundige kliniek. Het R. oog is sinds 9 maanden langzamerhand slechter geworden; heeft nu een acies visus = 0 en een spanning van + 3. Verder troebele cornea, ondiepe oogkamer, halfwijde pupil.

Het L. oog heeft alleen een wat ondiepe oogkamer; overigens geheel normaal.

R. O.		L. O.	
met gew. 7,5 gr.	met gew. 10 gr.	met gew. 5,5 gr.	met gew. 7,5 gr.
1	3	7	11
1	3,25	7	11,25
1	3	7	10,5
1	2,75	7,5	10,5
1	3	7,5	11,25
5 : 5	15 : 5	36 : 5	54,5 : 5
1	3	7,2	10,9
51 mM.	54 mM.	22,5 mM.	24,5 mM.
gemiddeld *52,5* mM. Hg.druk		gemiddeld *23,5* mM. Hg.druk	

De vorige patient had 65 mM. oc. sin., deze 52 mM. oc. d.; beiden waren digitaal door geoefende ophthalmologen op T + 3 geschat; toch geeft de tonometer een aardig verschil aan.

4°. Pat. H. v. G.—M., 50 j.

Komt in Februarie 1909 in oogheelkundige kliniek met acuut glaucoom van het rechter en chronies glaucoom van het linker oog. Van dit laatste is de tensie niet sterk verhoogd; van het rechter is de tensie ongeveer + 3.

Na enige dagen pilocarpine-gebruik werd patiente onderzocht: ik vond toen:

R. O.			L. O.	
met 5,5	met 7,5	met 10	met gew. 5,5	met gew. 7,5
0	3/4	4	3,5	6,25
	3/4	4	3,5	6,25
		3,5	3,5	6,25
		3,5		6,25
		15 : 4		
		3,75		
	52 mM.	51,5 mM.	30 Mm.	31,75 mM.
	gemiddeld *51,75* mM.		gemiddeld *30,75* mM.	

Besloten werd na 24 uur nogmaals de tensie van het linkeroog te bepalen en gedurende die tijd geen pilocarpine toe te dienen. Kort na de tonometrie krijgt patiente evenwel een hevige acute exacerbatie van het chronies glaucoom links. Waarschijnlik is dit het gevolg van de voor de anaesthesie noodzakelike cocaïnisatie. SCHIÖTZ heeft een dergelike waarneming. Begrijpelikerwijze is patiente daarna niet nogmaals onderzocht.

Behalve deze patienten met verhoogde intra-oculaire druk onderzocht ik enkelen bij wie het oog slapper aanvoelde.

5°. Pat. E. I. W. man, 51 jaar.

Kreeg in Aug. 1908 een stuk been tegen rechteroog; had toen alleen een wond in bovenooglid, niet in bulbo. In Oct. werd het oog langzamerhand slechter; in Dec. kwam patient bij ons.

Het linker oog was geheel normaal. T.N.

R. oog. Fijn litteken in bovenooglid; en waarschijnlik een fijn littekenstreepje in conjunctiva ter plaatse van de pinguecula.

In cornea fijne Descemetplooien; vele zeer fijne synechiae posteriores. Fundus wazig. Vóór de N. opticus hangt een groot stuk netvlies sterk naar voren. T — 2.

R. O.	L. O.
met gew. 5,5	met gew. 5,5
16	4,75
16	4,5
16	5
16	5
17	5,5
16,2	24,75 : 5 = 4,95
↓	↓
14 mM. Hg. druk.	*26* mM.

6°. Pat. E. R., man; 15 jaar.

Op het ogenblik dat ik patient te onderzoeken krijg draagt hij op het rechter oog sinds een maand een verband wegens dialysis retinae. Dadelik na het afnemen van het verband voelt het oog slap aan; door toevallige omstandigheden wordt echter 2,5 uur met de tensiebepaling gewacht; maar ook dan voelt het oog nog iets slapper aan dan het linker. Bij de tonometrie blijkt dan ook links de spanning *26,5* mM.; rechts *18* mM.

7°. Pate. J. v. B., vrouw; 45 jaar.

Komt 29 Oct. 1908 in oogheelkundige kliniek met sterke dialysis retinae o. d. Draagt tot 4 Dec. verband; dan wegens conjunctivitis mucipara oogkapje. Op 24 Dec. onderzoek ik haar. Met de vinger is niet veel verschil voelbaar; de tonometer geeft wel enig onderscheid.

R. O.	L. O.
met gew. 5,5	met gew. 5,5
↓	↓
4,25	8,5
5,25	8,25
5	8,75
5	9
5,25	9
24,75 : 5	43,5 : 5
‖	‖
4,95	8,7
↓	↓
26 mM.	*20* mM.

Uit de gegeven voorbeelden ziet men dus dat de tonometer van Schiötz ons zeer goed kan inlichten over de hoogte van de intraoculaire druk.

Altans over de *relatieve* hoogte. Want in 1909 verschijnt er van de hand van Schiötz weer een artikel in het Archiv für Augenheilkunde, waarin hij zegt dat de tonometer wel

even bruikbaar blijft, maar dat de experimenteel bepaalde curven fout zijn; dat ze n.l. te hoog liggen. Volgens de nieuwe curven die hij gemaakt heeft ligt de gemiddelde intraoculaire drukking niet tussen 24 en 31 mM. Hg. druk, maar tussen 15,5 en 25 mM.

Van *klinies* belang is deze verandering niet; immers het komt uitsluitend op vergelijking aan; gebruikt men *steeds* de oude curven dan vindt men bij elke uitslag van de tonometer een even bruikbare waarde als wanneer men *steeds* de nieuwe gebruikt. Men kan zich ook zelf experimenteel curven verschaffen en deze voor de aflezing gebruiken.

Wetenschappelik is het natuurlik wèl van belang te weten of een druk van 15,5 Mm. tot de normale intraoculaire drukking te rekenen is, dan wel of zulks 't geval is met een druk van 31 Mm.

Toch zoude ik hier misschien niet verder op zijn ingegaan, (immers, hoofdzaak was om de kliniese bruikbaarheid van de tonometer te beproeven) indien mij niet de wijze waarop SCHIÖTZ de voorkeur, aan zijn nieuwe curven boven de oude gegeven, motiveert, zo vreemd was voorgekomen.

Laat ik enige gedeelten uit het laatste artiekel van SCHIÖTZ overnemen: „In meiner Abhandlung „ein neuer Tonometer", Archiv f. Augenheilk. LII, B, H 4, habe ich angenommen dass die Curven, die nach Messungen am *offenen* (ik cursiveer); d. h. mit einem Manometer direct communicirenden Auge hergestellt worden sind, ohne Weiteres zur Ablesung des Druckes des *geschlossenen lebenden* (ik cursiveer) Auges angewendet werden können. Es erweist sich dieses jedoch als nicht richtig. Die Curven des geschlossenen (dus levende!) Auges verlaufen anders und liegen bedeutend tiefer als die des offenen Auges.

Meine Aufmerksamkeit wurde auf den grossen Unterschied zwischen dem Druck des offenen und geschlossenen Auges erst bei Benutzung eines kleines Apparates gerichtet, den ich zur Controle und Justirung des Tonometers construirt hatte."

Dit apparaat bestaat uit een kleine metalen cylinder van ± 14 Mm. doorsnee, het ene uiteinde is afgesloten door een dun huidje van caoutchouc, dat de cornea voorstelt; het andere is door een slang met een manometer verbonden: door een kraantje kan de cylinder beurtelings met de manometer verbonden en ervan afgesloten worden.

Nadat SCHIÖTZ metingen op deze cylinder had gedaan met open en met gesloten kraan deed hij hetzelfde weer aan dode ogen, die met een draad op een stevige canule met kraan waren bevestigd; het oog werd zó op een statief vastgeschroefd dat de cornea naar boven gericht was. Als manometer gebruikte hij een irrigator met slang, die met de canule verbonden was; de irrigator kon bij 5 Cm.'s tegelijk tot 40 Cm. hoogte worden opgeheven; verder bij 10 Cm.'s tot 140 Cm., en ten slotte tot 170 Cm.

SCHIÖTZ gaat nu aldus verder:

„Das Manometer ist auf den Nullpunkt eingestellt, der Hahn geschlossen und nun wird der Tonometer, z. B. mit dem Loth 5,5 gr. belastet, an der Hornhaut placiert. Gewöhnlich bekommt man einen so grossen Ausschlag dass der Zeiger ueber die ganze Scala hinausgeht. Der Tonometer wird entfernt, das Manometer gehoben, der Hahn geöffnet und wieder geschlossen, der Tonometer wieder an der Hornhaut angebracht, der Ausschlag abgelesen u. s. w. Für jede Druckhöhe ist die Mittelzahl mehrerer Messungen notirt; bei jeder Einzelmessung aber ist vor der jedesmaligen Placirung des Tonometers an der Hornhaut der Hahn geöffnet und wieder geschlossen worden.

An dem *geschlossenen* (ik cursiveer) Auge habe ich die Ablesungen schnell gemacht, *um der Flüssigkeit nicht Zeit zu geben auszusickern*, was namentlich bei dem hohen Drucke und bei dem *schweren* Gewicht stattfinden kann. Dasselbe gilt für das *lebende* Auge. An dem offenen Auge dagegen darf man mit der Ablesung *nicht eilen;* man muss dem Zeiger *namentlich bei dem niedrigen Drucke* mit grossen

Ausschlägen Zeit geben, so weit als möglich zu gleiten."

Deze twee alineae zijn mij volslagen duister.

Immers, volgens SCHIÖTZ' eigen woorden verstaat hij onder een *open* oog een oog dat direct met een manometer communiceert, daartegenover stelt hij 't *gesloten levende* oog, wat hij in z'n experimenten vervangt door de communicatie tussen oog en manometer door middel van een kraan af te sluiten.

Welnu, 1°. waarom moet hij bij 't gesloten oog snel aflezen, „um der Flüssigkeit nicht Zeit zu geben auszusickern."? Bij een goede kraan kàn dat niet. In geringe mate is 't denkbaar (zie hiervoor ook blz. 47) bij 't *levende* oog, dat niet zo absoluut gesloten is; hier zal men trouwens voor 't gemak van de patient vanzelf wel zo gauw mogelik aflezen.

Maar 2°, en dat is mij eigelik nog veel onbegrijpeliker: wat betekent het *wachten met aflezen* bij 't *open* oog? Als men daar de tonometer laat staan om de wijzer gelegenheid te geven zover mogelik te glijden, dan kan men, vooral bij zwaarder gewichten, lang wachten! Immers waarom zou de vloeistof niet toegeven aan de overdruk die er door de tonometer plus gewicht op wordt uitgeoefend? Door de ruime open communicatie is de weg vrij en van de andere kant drukt slechts de atmosfeer tegen. En dan wordt de druk in het oog steeds lager; de wijzer glijdt steeds verder.

Deze theoretiese overwegingen brachten mij ertoe de experimenten van SCHIÖTZ te herhalen. Ik ging daarbij als volgt te werk:

Een via de N. opticus zo goed mogelik leeggemaakt varkensoog wordt op een canule gebonden en op een statief zó bevestigd dat de cornea naar boven gericht is. Het leegmaken dient om verstopping van de canule te voorkomen. De canule is door een klein, dikwandig stukje caoutchouc slang verbonden met een glazen manometer. Het gehele apparaat heeft stijve wanden.

De laagste overdruk die ik in de manometer ten opzichte van het oog kon bereiken was 10 cM. waterdruk, de hoogste 130 cM. Enige wijziging in de constructie zou nog groter drukverschil kunnen geven, maar tussen deze twee uitersten ligt speling genoeg om bruikbare curven te maken.

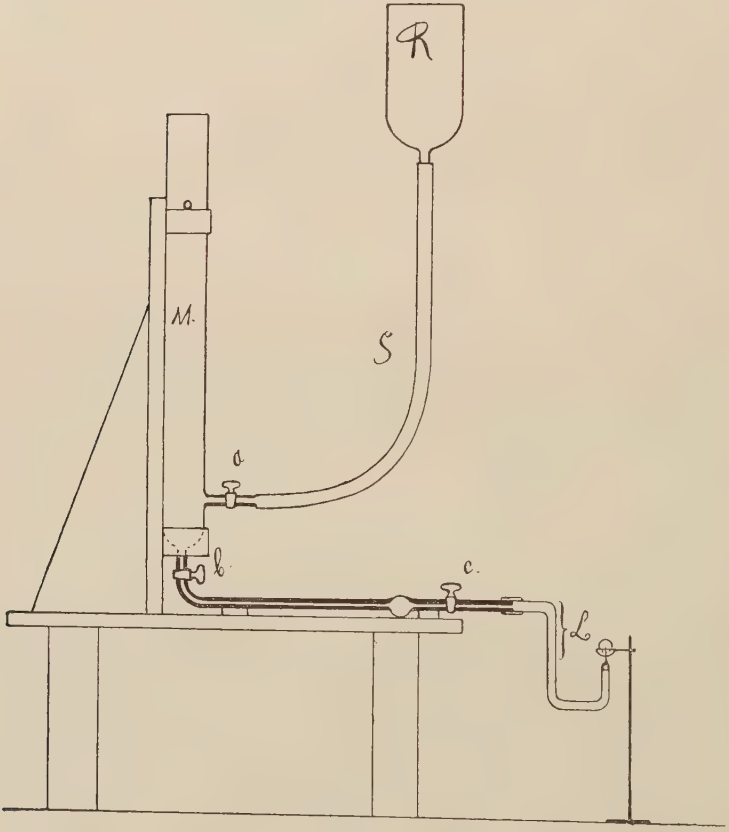


Fig. 1.

In de manometer *M* kon ik het water centimetersgewijs laten stijgen en dalen, daar de manometer zijdelings door een slang *S* verbonden was met een waterreservoir *R*, dat op een op- en neerdraaibare tafel was bevestigd. De verbinding tussen *M* en *R* kon door de kraan *a* worden afge-

sloten; uit *R* kan dus water in *M* lopen, of omgekeerd, al naar de stand van de draaibare tafel. Een lange reep millimeterpapier achter *M* geeft de hoogte van de waterkolom in *M* aan.

Door de kraan *c* te sluiten kan het oog van de manometer worden afgesloten en komt dan dus overeen met wat SCHIÖTZ een gesloten oog noemt.

Door de kraan *b* eruit te nemen kan 't water in *M* zó dalen dat er op 't oog slechts een overdruk *l* (= 10 cM.) werkt.

Ik ging nu als volgt te werk: Van *R* uit liet ik het gehele buizenstelsel doorstromen met water, zodat de lucht eruit ging; als het water uit de canule spuit wordt *c* weer gesloten [opdat de druk in het oog niet dadelik te hoog worde] en het oog op de canule gebonden; het oog wordt voortdurend vochtig gehouden door besproeing met physiologiese zoutsolutie.

Nu werd kraan *c* weer geopend en werd er, door openen van kraan *a* in M een waterkolom gevormd van bv. 10 cM.; daar het stuk *l* 10 cM. lang is, heerste er in het oog een druk van 20 cM. waterdruk. Nu deed ik achtereenvolgens 4 bepalingen:

1°. Terwijl kraan *c* open was, plaatste ik de tonometer op het oog en las dadelik af.

2°. Terwijl kraan *c* open was, wachtte ik met aflezen tot de wijzer niet verder gleed.

3°. Ik sloot kraan *c* en las dadelik af.

4°. Bij gesloten kraan *c* wachtte ik tot de wijzer niet verder gleed.

Zo maakte ik talrijke seriën en steeds viel daarbij het volgende op te merken:

Sub 2. Plaatste ik de tonometer op het direct met de manometer communicerende oog en wachtte met aflezen, dan gleed de wijzer steeds verder; hoewel ik er zo weinig mogelik met de tonometer op drukte verplaatste de vloeistof

zich toch en daalde de druk. Het sterkst was dit het geval bij lage druk en zware gewichten.

Sub 3. Sloot ik kraan *c* dadelik nadat ik met 2 klaar was, dan vond ik dezelfde lage spanning als aan het eind van 2. Gaf ik echter het oog eerst gelegenheid zich te herstellen, m. a. w. wachtte ik totdat de uit het oog gedrukte vloeistof er weer in was, dan vond ik dezelfde waarden als sub 1. Zelfs vond ik nog iets hoger spanning bij de lage drukwaarden; waarschijnlik werd dus bij 1, hoe snel ik ook aflas, wat vloeistof door de open kraan *a* weggedrukt.

Sub 4. Hier vond ik dezelfde waarden als sub 3, m. a. w.: bij gesloten kraan *c* gleed de wijzer niet verder en werd er dus geen vloeistof verplaatst.

Ik kreeg dus als resultaat dat het géén verschil maakt of men de spanning meet van een direct met de manometer communicerend of van een gesloten oog, mits men:

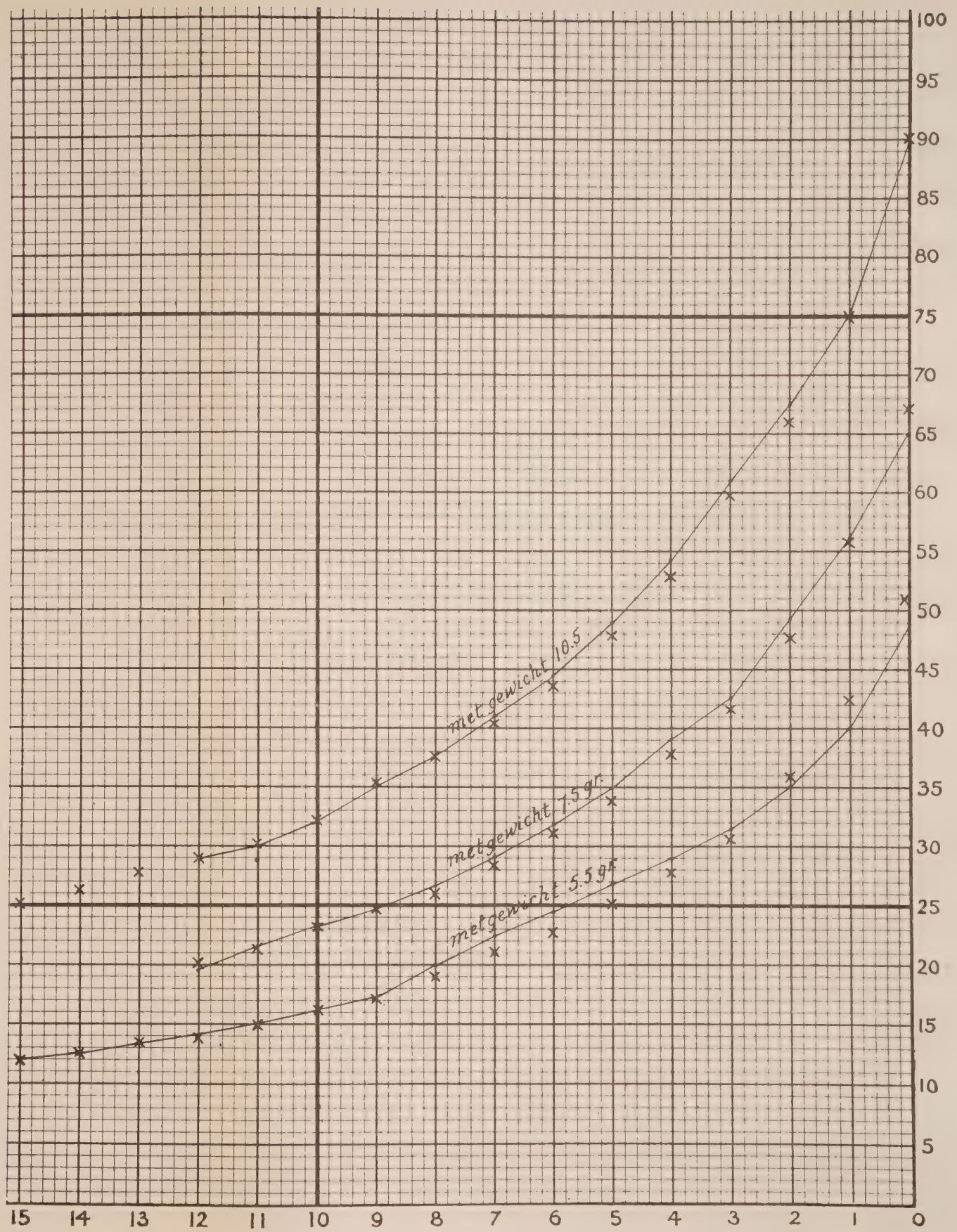
a. in het 1e geval maar dadelik afleest,

b. in het 2e geval niet tot de bepaling overgaat, eer men het oog zich heeft laten herstellen van eventueel voorafgegane bepaling met open communicatie.

Bij inachtname van deze twee voorzorgen *dekten de curven, die ik bij 1, 3 en 4 verkreeg elkaar nagenoeg volkomen.*

Wat de *absolute* waarden aangaat, liggen mijn curven dichtbij, maar iets lager dan de, het eerst door Schiötz gepubliceerde curven. Volgens eigen curven aflezend, vond ik bij geheel normale ogen een intraoculaire druk die wisselde tussen 20 en 26 Mm. Hg. druk.

Ten slotte zij opgemerkt dat voor een zéér slap oog het instrument óók te slap is. Dan is het niet betrouwbaar. Het lage gedeelte van m'n curven heb ik gekregen door dezelfde



UITSLAG VAN DE TONOMETER.

De kruisjes geven de theoreties (volgens 'n hyperboolformule van SCHIÖTZ) berekende, curve aan; de doorlopende lijn de experimentele curve.

berekening volgens een hyperbool-formule, die SCHIÖTZ ook gebruikte.

Voor het gewicht van 15 Gr. heb ik geen curve gemaakt; ook voor de hardste ogen heb ik aan de curve, met gewicht 10 verkregen steeds genoeg gehad. Bovendien was het er mij minder om te doen een stel nieuwe curven te leveren, dan wel om na te gaan of ik 'n fout kon vinden in een redenering die ik niet begreep. Daar ik hiervoor herhaaldelik heb moeten experimenteren, heb ik gelegenheid genoeg gehad het instrument zèlf te leren waarderen als een grote aanwinst voor de fijnere bepaling van de intraoculaire druk.

VI.

DE TONOMETER ALS INSTRUMENT WAARMEE MEN BEPALEN KAN OF DE FILTRATIE VAN HET OOG IN ORDE IS.

Op blz. 35 zeide ik te zullen terugkomen op de waarneming, ook door anderen wel gedaan, dat bij voortgezette tonometrie de intraoculaire druk iets daalt. Ten dele komt dit wel doordat de onderzochte, die in 't begin meestal nog wat knijpt, rustiger wordt; maar hiermee alleen is 't niet verklaard. Want heeft men bij iemand 'n serie metingen gedaan en wacht men dan enige minuten, dan is bij 't begin van een nieuwe serie de druk weer hoger dan bij 't eind van de vorige. Men moet dus wel aannemen dat er door de zwaarte van de tonometer wat vloeistof uit 't oog wordt gedrukt; staakt men het experiment dan herstelt zich de intraoculaire drukking weer tot de oorspronkelike.

Hier volgen de resultaten verkregen bij voortgezette tonometrie van enige normale ogen.

J. R. 11 jaar.

Tonometer belast met gewicht van 5,5 gr.

Tonometeruitslag = mM. Hg. druk

1. 6 = 24,5 mM.
6 = 24,5 „
6 = 24,5 „
6,5 = 23,5 „
6,5 = 23,5 „
6,5 = 23,5 „
7 = 22,5 „
6,5 = 23,5 „
7,5 = 21,5 „
7,5 = 21,5 „

Bij staan laten daalt de tonometer niet verder dan 8 = 20 mM.

2. Na één minuut wachten wordt 't:

5 (knijpt weer iets) = 27,5 mM.
5,5 = 26 „
5,5 = 26 „
6 = 24,5 „
7 = 22,5 „
7 = 22,5 „
7,5 = 21,5 „
7,5 = 21,5 „
7,5 ... 8 = 21,5 „ ... 20 mM.

3. Na ½ minuut wachten:

7 = 22,5 mM.
7,5 = 21,5 „
7,5 = 21,5 „
8 = 20 „
8 = 20 „
8 ... na staan laten tot 8,5 = 20 „ ... 19 mM.

4. Na 1 minuut: 6 = 24,5 mM.
7 = 22,5 „
7,5 = 21,5 „
8 = 20 „
8¼ = 19,5 „
8,5 = 19 „
9 = 18 „
9 = 18 „
9¼ . . . 9,5 = 17,5 „ . . . 17 mM.

5. Na 2 minuten was de druk nog 7,5 = 21,5 mM.

6. Na 5 minuten heeft hij zich weer geheel hersteld, maar nu is de vloeistof makkeliker weg te drukken dan in het begin:

6 = 24,5 mM.
6 = 24,5 „
6,5 = 23,5 „
7 = 22,5 „
6,5 = 23,5 „
7¼ = 22 „
8 = 20 „
8 = 20 „
8,5 = 19 „
9 . . . . 9¼ = 18 „ . . . 17,5 mM.

W. Z., 31 jaar.

4,5 (knijpt eerst) = 28,5 mM.
4,5 = 28,5 „
4,5 = 28,5 „
4,5 = 28,5 „
5 = 27,5 „
5,5 = 26 „
6 = 24,5 „
6 = 24,5 „
6,5 = 23,5 „
7 = 22,5 „
7 . . . . . 7¾ = 22,5 „ . . . 21 mM.

na 1 minuut:
5 = 27,5 mM.
5,5 = 26 „
6 = 27,5 „
6,5 = 23,5 „
6,5 = 23,5 „
6,5 = 23,5 „
7 = 22,5 „

na ½ minuut:		na 5 minuten:	
6	= 24,5 mM.	5,5	= 26 mM.
6	= 24,5 „	5,5	= 26 „
6,5	= 23,5 „	5,5	= 26 „
6,5	= 23,5 „	5,5	= 26 „
7	= 22,5 „	6	= 27,5 „
7¼	= 22 „	6	= 27,5 „
		6,5	= 23,5 „
		7	= 22,5 „
		7,5	= 21,5 „
		7,5 .... 7¾	= 21,5 „ .... 21 mM

Mej. S. 38 j.

1. Tonometeruitslag — mM. Hg. druk

4,5	= 28,5 mM.
4,5	= 28,5 „
4,5	= 28,5 „
5	= 27,5 „
4,5	= 28,5 „
4,5	= 28,5 „
5	= 27,5 „
5	= 27,5 „
6 loopt af in 15 sec. tot 7, niet verder	= 24,5...22,5 mM.

2. Na ½ minuut.

6	= 24,5 mM.
6,5	= 23,5 „
6,5 loopt af in 20 sec. tot 7,5, niet verder	= 23,5 „ = 21,5 „

3. Na 1 minuut.

5	= 27,5 mM.
5¼	= 27 „
5¼	= 27 „
5,5	= 26 „
6	= 27,5 „
6 ... 7	= 24,5 „

4. Na ½ minuut.

6,5	= 23,5	mM.
7	= 22,5	„
7	= 22,5	„
7,5	= 21,5	„

Mej. V. 57 j.

1.

Tonometeruitslag	mM. Hg. druk.
6,5	= 23,5 mM.
6,5	= 23,5 „
7	= 22,5 „
7	= 22,5 „
7	= 22,5 „
7	= 22,5 „
7¼	= 22 „
7¼	= 22 „
7½	= 21,5 „
7½	= 21,5 „
7½	= 21,5 „
8	= 20 „
8	= 20 „
8,5	= 19 „

2. Na 2 minuten:

7	= 22,5	mM.
7	= 22,5	„
7½	= 21,5	„
7½	= 21.5	„
8	= 20	„
8¼	= 19,5	„
8½	= 19	„

3. Na ½ minuut:

7½	= 21,5	mM.
8	= 20	„
8¼	= 19,5	„
8,5	= 19	„
8¾	= 18,6	„
9	= 18	„
9,5 (glijdt *niet* verder)	= 17	„

K. 59 j.

1.	2. Na 1 minuut.	3. Na 1 minuut.
6 = 24,5 mM.	6 = 24,5 mM.	6 = 24,5 mM.
6 = 24,5 „	6½ = 23,5 „	6½ = 23,5 „
6,5 = 23,5 „	7 = 22,5 „	7 = 22,5 „
6,5 = 23,5 „	7 = 22,5 „	7,5 = 21,5 „
7 = 22,5 „	7 = 22,5 „	7,5 = 21,5 „
	7,5 = 21,5 „	7,5...8 = 21,5...20 „

Mej. L. 66 jaar.

1.	2. Na 1 min.	3. Na 2 min.	4. Na 1 min.
5 =27,5 mM.	7 =22,5 mM.	6,5=23,5 mM.	7,5=21 mM.
6 =24,5 „	7 =22,5 „	7,5=21,5 „	7¾=21 „
6 =24,5 „	8 =20 „	7,5=21,5 „	8,5=19 „
7 =22,5 „	9 =18 „	8 =20 „	9 =18 „
7 =22,5 „	9,5=17 „	9 =18 „	9,5=17 „
7,5=21,5 „		9,5=17 „	
8 =20 „		10 =16 „	
8,5=19 „			
9 =18 „			

R. 63 jaar.

1.	2. ½ minuut.
3 = 32 mM.	5 = 27,5 mM.
3 = 32 „	5 = 27,5 „
3 = 32 „	5 = 27,5 „
3,5 = 30 „	5½ = 26 „
3,5 = 30 „	5¾ niet verder = 25,5 „
4 = 29 „	
4 = 29 „	
4 = 29 „	
4 = 29 „	
4.5 = 28 „	
4,5 = 28 „	
4,5 = 28 „	
5 niet verder = 27,5 „	

B. 73 jaar.

1.	2. Na 1 minuut.	3. Na 1 minuut.
5 = 27,5 mM.	9 = 18 mM.	9 = 18 mM.
6 = 24,5 „	9 = 18 „	9 = 18 „
6 = 24,5 „	9 = 18 „	10 = 16 „
7 = 22,5 „	9 = 18 „	10 = 16 „
8 = 20 „		11 = 14 „
9 = 18 „		11 = 14 „

Men ziet dus dat de tonometer op den duur vloeistof uit het oog drukt, en dat de leeftijd geen invloed heeft op deze filtratie. De oudste patient had zelfs de snelste filtratie.

Vergelijkt men nu echter met deze gevallen de op blz. 36 en volgende vermelde gevallen, dan ziet men dat bij deze ogen met verhoogde druk de filtratie véél geringer is. Opvallend is dit bij 't rechter oog van geval 1, 't linker oog van geval 2, 't rechter oog van geval 3, terwijl hier het linker oog *dat een normale druk, maar een ondiepe oogkamer heeft, óók slecht filtreert;* verder bij beide ogen van geval 4.

Dit waren echter waarnemingen, waarbij ik op de filtratie nog niet speciaal gelet had; slechts viel mij na afloop van de tonometrie op dat hier zoveel minder drukdaling plaats had dan bij normale ogen.

Ik heb nu nog enkele ogen met verhoogde druk onderzocht speciaal op hun „filtratievermogen."

Ik vond dan 't volgende:

Pat. L. B., man; 63 jaar. Glauc. chronicum amb. oculorum. Coloboma arteficiale oculi sin.

Gebruikt geregeld eserine amb. ocul.

Met de gewichten 5,5 en 7,5 ging de tonometer rechts voorbij nul.

R. met gewicht 10 gr. De tonometer varieert telkens tussen $2^3/_4$ en $3^1/_4$, d. i. tussen 60 en 57 Mm. en loopt *niet* verder af, *hoe lang* men hem ook laat staan.

L. met gew. 5,5 gr.
4,5 = 28,5 Mm.
4,5 = „ „
4,5 = „ „
4,75 = 27,5 „
4,75 = „ „
4,75, loopt na lang staan af tot 6 à 6,5 = 24 Mm.

Er wordt hier dus in 't harde oog, niettegenstaande 't zware gewicht, minder vloeistof weggedrukt.

Pat. v. V.—G.; vrouw; 74 jaar.

Glaucoma chronic. amb. ocul. Colob. artefic. a. o. Rechts steeds wijde pupil, niettegenstaande geregeld piloc. gebruik.

R. met gewicht 7,5. De tonometer varieert steeds tussen 3 en 3,5, d. i. tussen 30,5 en 32,5 Mm. Loopt niet verder af al blijft hij 40 seconden en meer staan.

L. niet te onderzoeken; gaat ten slotte te veel knijpen.

Mej. E. ± 50 jaar.

Glaucoma chronic. o. sin.

Glaucoma subacutum o. d. (sinds Nov. '08).

Aspect rustig; druppelt niet.

Ziet *links* nog vaak kringen om de vlam.

R. met gew. 5,5 Gr.
6,5 = 23,5 Mm.
6,5 = 23,5 „
6,5 = 23,5 „
7 = 22,5 „
7 = 22,5 „
7,5 = 21,5 „
7,5 loopt af tot = 21,5 „
8 = 20 „

L. met gew. 5,5
2,5 = 33,5 Mm.
2,5 = 33,5 „
2,5 = 33,5 „
2,5 = 33,5 „
2,5 = 33,5 „
Na ± 20 maal meten en lang laten staan daalt de tonometer tot bijna 3,5, d. i. 30,5 Mm.

Mej. v. G. ± 60 jaar.

Glaucoma absol. o. d.
Glauc. simpl. o. sin.
Colob. artefic. a. o.
Druppelt geregeld.

R. met gew. 5,5.
Het varieert steeds tussen 3 en 3,5 d. i. tussen 32,5 Mm. en 30,5 Mm.
Lager komt 't niet.

L. met gew. 5,5.
3,5 = 30,5 Mm.
3,5 = 30,5 „
4 = 29,5 „
4,5 = 28,5 „
4,5 = 28,5 „
4,5 = 28,5 „
4,5 = 28,5 „
4,5 = 28,5 „
Loopt niet verder af.

Men ziet dus wel dat de filtratie bij deze ogen veel geringer is; dat men soms meer dan 20 maal de tonometer moet opzetten om 'n kleine drukdaling te krijgen, en dat lang aanhoudend laten staan van de tonometer uiterst weinig invloed heeft.

M. i. is de tonometer in staat ons over de filtratie, die in 'n oog kan plaats hebben, in te lichten. Het mooiste voorbeeld vind ik het linker oog van geval 3, blz. 38; behalve de ondiepe oogkamer toont ons ook de gebrekkige infiltratie een praedispositie voor glaucoom.

Bij 't namaken van de curven van Schiötz deed ik telken male door middel van de manometer een mij bekende druk in het varkensoog optreden, en las dan af welke uitslag deze druk aan de tonometer gaf. De proef op de som voor de deugdzaamheid van het instrument krijgt men echter als men, na eenmaal de curven vervaardigd te hebben, nu èn manometries èn tonometries een onbekende druk meet en daarna de uitkomsten vergelijkt.

Ik ging hierbij als volgt te werk:

Aan de rechthoekig op de manometer *M* gebogen buis *AB* wordt bij *B* door middel van een loden, buigbaar buisje *L*, de canule *D* bevestigd. Vanuit *R* wordt *AB* en de canule door doorstroming met vocht luchtvrij gemaakt. Als vloeistof wordt gebruikt een gesteriliseerde oplossing (1,5 %) van

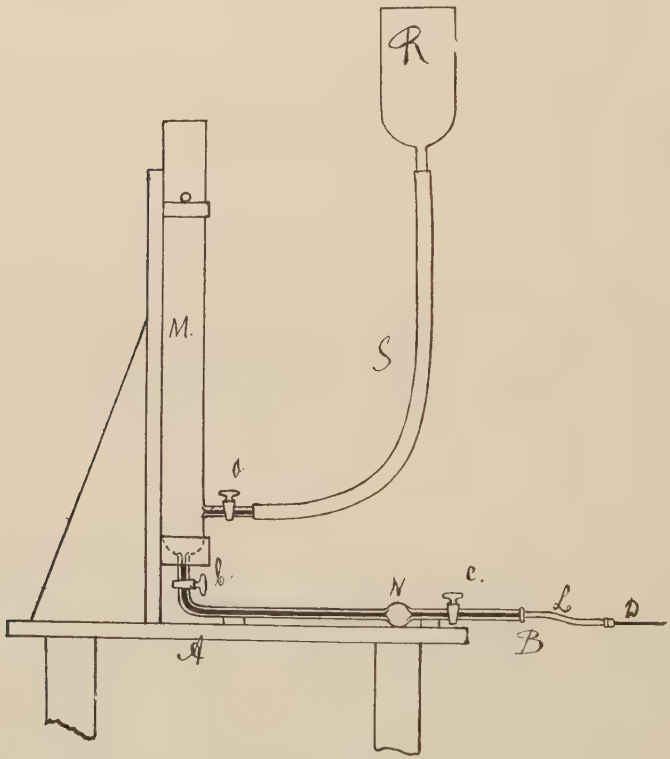


Fig. 2.

citras natricus, dat in deze concentratie isotonies is met physiologiese zoutsolutie en eventueele stolling van kamervocht tegenwerkt.

De buis *AB* heeft een capillair lumen. Staat nu in *M* het water bv. 10 Cm. hoog (en heerst er dus in *M* een lage overdruk ten opzichte van 't punt *B*) dan wordt kraan *a*

gesloten, en terwijl kraan *b* en *c* open staan laat men in *M* 'n druppeltje kwik vallen, dat zich, bij *A* gekomen, in de capillaire buis verder beweegt in de richting naar *B*. Vóór de druppel het ballonnetje *N* bereikt wordt kraan *c* gesloten. [Het ballonnetje dient om eventueel te ver voortschietende kwikdruppels op te vangen, opdat deze buisje, canule of oog niet bereiken en bederven].

Als *c* gesloten is wordt de uitgekookte canule in de voorste oogkamer van het goed gecocaïniseerde konijnen-oog gebracht. Men gebruikt het beste een aan het eind dichtgesmolten canule met zijdelingse opening; deze kan men aan de ene kant in de cornea steken en aan de andere kant weer uitsteken: dan zit hij stevig en zwaait niet heen en weer in de voorste oogkamer; men voorkomt op die manier het optreden van traumatiese cataract.

Heeft men de canule erin gebracht dan wacht men even tot het dier weer rustig is geworden en de in- en uitsteekwondjes zich door zwelling om de canule gesloten hebben. Intussen noteert men op de buitenkant van de buis *AB* de plaats waar het kwikdruppeltje zich bevindt.

Als de oogkamer, die door 't insteken van de canule wat vocht verloren heeft, zich weer hersteld heeft opent men *c*. Daar in het oog natuurlik 'n hogere druk heerst dan 10 Cm. H_2O druk ziet men het kwik zich verplaatsen in de richting naar *A*. Nu opent men voorzichtig kraan *a* en laat langzaam aan in *M* 't water zó lang rijzen tot 't kwik, teruggaande in de richting naar *B*, weer z'n oude plaats bereikt heeft. Dan is dus de vloeistof die eerst uit 't oog getreden was er weer in terug gegaan. [De kwikdruppel moet natuurlik zó groot zijn, dat er geen vloeistof langs kan stroomen]. Op dat ogenblik sluit men snel kraan *a* en leest op de manometer af hoe hoog de vloeistofkolom is, die 't kwik op z'n plaats laat en die dus evenwicht maakt met de druk in 't konijnenoog.

Men moet steeds op het kwik letten; als alles goed gaat

en de canule niet verstopt raakt, vertoont 't kwik kleine schommelingen, isochroon met de pols van het konijn.

Dat deze experimenten nogal es mislukten is begrijpelik; òf de canule raakte tòch verstopt, òf 't dier schokte te veel. Toch heb ik enkele zeer nauwkeurige bepalingen kunnen doen bij drie ogen van twee konijnen; ik vond hierbij:

	Hoogte van de waterkolom = mM. Hg. druk		Uitslag tonometer = mM. Hg. druk	
1.	39,7 Cm. =	29,3 mM.	4,5 =	28 mM.
2.	40,3 „ =	29,6 „	4,5 =	28 „
3.	40.2 „ =	29,5 „	4,5 =	28 „

Bij deze drie ogen geeft de tonometer dus slechts ruim 1 mM. verschil met de manometer aan; meer nauwkeurigheid kan men moeilik verlangen.

De ietwat hoge intraoculaire druk mag wel op rekening van de ooglidhouder geschoven worden. Want als ik deze wegnam ging 't kwik in de richting naar *B*. Zonder ooglidhouder werken ging evenwel niet, daar dan de tonometer eruit geknepen wordt zodra slechts even de oogleden worden aangeraakt. Nog méér echter ging 't kwik in de richting naar *B*, als de oogleden door de lissen van PELLIER van de oogbol werden afgetrokken. Door trekken aan de oogleden en daarmede aan de conjunctiva bulbi wordt dus de druk binnen het oog verlaagd. Ik meen aan deze waarneming een groote praktiese beteekenis te mogen hechten.

Treedt aan een bulbus met een perforerende (al of niet operatieve) wonde drukverlaging op, dan kan vloeistof uit de bindvlieszak worden geaspireerd.

In de kliniek van Prof. Straub zijn een tijd lang vrij talrijke chroniese ontstekingsprocessen voorgekomen na intraoculaire operaties, wier oorzaak aanvankelik vergeefs werd gezocht. Toen viel het op dat deze ontstekingen waren gevolgd op het in gebruik nemen van lissen van PELLIER of

andere gemoderniseerde, doch op deze gelijkende lissen voor het openhouden der oogleden gedurende de operatie. De onderstelling werd toen gemaakt dat de lissen door het trekken aan de conjunctiva bulbi een zuiging hadden teweeggebracht en dat daarbij vloeistof uit de bindvlieszak in het oog was gezogen. Toen werd het gebruik der lissen gestaakt en bovendien bij elke operatie gezorgd de conjunctivaalzak zo veel mogelik droog te maken en te houden. Sedert kwamen deze ontstekingsprocessen niet meer voor.

VI.

ANDERER EN EIGEN ONDERZOEKINGEN DE INTRAOCULAIRE DRUK BETREFFENDE, MET DE TONOMETER VAN SCHIÖTZ VERRICHT.

Gelijk vroeger èn met manometers èn met tonometers (o. a. door WESSELY) talrijke experimenten zijn gedaan over de invloed van narcotica, mydriatica en miotica op de intraoculaire druk, is dit in de laatste twee jaren ook geschied met de tonometer van SCHIÖTZ. Belangrijke artikelen hierover verschenen van de hand van LANGENHAN en v. GRÖNHOLM, waarvan ik de resultaten hier in 't kort zal weergeven.

Dr. F. LANGENHAN (Zeitschrift für Augenheilkunde, März 1910) onderzoekt eerst de invloed van mydriatica en miotica op *normale* ogen en vond dat: holocaine (2%) en atropine (1%) de intraoculaire druk niet noemenswaard wijzigden; cocaïne doet de druk 'n spoortje, 2% pilocarpine en 1% eserine doen hem duidelik (4 à 5 mM). dalen.

Ook *tenotomiën* hebben een enigszins drukverlagende werking (± 3 mM.), terwijl dit nog in iets sterker mate het geval is na een peesopschuiving.

Sterke myopie heeft geen invloed op de intraoculaire druk.

Ziekten van cornea en sclera (herpes corneae, sclerokeratitis) kunnen soms met hypotonie gepaard gaan.

Bij *iritis* en *irido-cyclitis* vond hij de intraoculaire druk zeer verschillend; een bepaalde regelmaat van drukverhoging of drukverlaging al naar 't stadium waarin zich de ziekte bevindt, nam hij niet waar. A. ENGELMANN (Tonometrische Untersuchungen an gesunden und kranken Augen. Mitteil. a. d. Augenkl. in Jurjew, 1904) had met de tonometer van MAKLAKOFF geregeld in het begin van iritis drukverhoging, in latere stadia drukverlaging gevonden. Bij langdurige irido-cyclitis wordt als regel drukverlaging gevonden.

Bij *morbus Basedowi* toont de bulbus neiging tot lichte drukstijging.

Intraoculaire tumoren zouden in hun beginstadium de druk wat verlagen; dit maakt de differentieel diagnose met primaire dialysis retinae weer moeiliker.

De *drukdaling* in *glaucomateuse* ogen na toediening van miotica is individueel zeer verschillend; in het algemeen werkt pilocarpine zwakker, maar gelijkmatiger; $^3/_4$ à 1 uur na de indruppeling is de druk 't sterkst gedaald.

Hierbij vermeldt LANGENHAN twee biezondere gevallen, die ik hier noemen wil omdat ze me zeer belangrijk voorkomen. Bij verschillende personen, die één glaucomateus, en één gezond oog hadden, druppelde hij miotica in het normale oog, hetwelk hij hiermee prophylacties van nut meende te zijn. Bij twee van deze personen trad na de indruppeling een aanzienlike daling op (van 11 en 9 mM. Hg.), enige dagen later gevolgd door een hevige, *eerste* glaucoomaanval, met in één der twee gevallen bloedingen in het netvlies.

Als gevolg van cocaïne-indruppeling kreeg hij evenals LEBER en SCHIÖTZ, acute exacerbaties van chroniese glaucomen; ik heb ook een dergelik geval beleefd (blz. 39). WICHERKIEWICZ daarentegen beveelt de combinatie van pilocarpine + cocaïne aan, omdat beide drukverlagend werken. Bij normale ogen is dit zeker wel het geval, bij glaucoma-

teuse ogen echter schijnt de mydriatiese werking van de cocaïne de pilocarpine of eserine tegen te werken.

Wat de *drukverlaging na cataractoperatie* betreft vond LANGENHAN dat deze verdwijnt als de wond tot litteken geworden is. Bij ongecompliceerde gevallen gebeurt dit na enige weken.

Zéér belangrijk is verder het artikel van v. GRÖNHOLM (Arch. f. Augenheilk. Band 66 en 67) die de invloed van *pupilwijdte, accommodatie* en *convergentie* op de spanning van normale en glaucomateuse ogen nagaat.

Hij publiceert een geval van exacerbatie van een *eerste* glaucoomaanval in een *schijnbaar* normaal oog, nadat het andere oog voor primair, acuut glaucoom geopereerd is. Dit komt nogal eens voor, en wordt door sommigen (SCHMIDT RIMPLER) als traumatiese prikkeling, door anderen (GAMA PINTO) als het gevolg van psychiese emotie, door weer anderen (ARLT, BOWMAN) als toeval opgevat.

Uit het geval dat v. GRÖNHOLM publiceert meent hij te mogen afleiden dat de exacerbatie het gevolg is van het door velen na iridectomie toegepaste binoculaire verband.

Het betreft een vrouw, die herhaaldelik durante partu een gevoel van spanning en pijn eerst boven het linker, daarna boven het rechter oog kreeg en ten slotte, als de weeën het hevigst waren, bijna niets meer zag. Post partum verdwenen de aanvallen.

In 1908 zag zij voor 't eerst met het linker oog kringen om de vlam. De tensie was toen R. 28 mM., L. 43 mM.

't Gezichtsveld was R. normaal, L. nasaal beperkt.

L. was ook 'n geringe glaucomateuse excavatie.

Patiënte kreeg links eerst enige dagen pilocarpine, daarna iridectomia oc. sin. en binoculair verband; de *volgende dag* was 't rechter oog geinjicieerd, had 'n wijde pupil, T + 1 en zag kringen om de vlam; de symptomen verdwenen na eserine, maar kwamen terug als dit gestaakt werd; de tensie steeg tot 75 mM. toe.

Het L. oog is na de operatie goed gebleven; het R. moet voortdurend met pilocarpine behandeld worden om goed te blijven.

Met dit R. oog, (en later met ogen van anderen) nam v. GRÖNHOLM de volgende experimenten:

Hij brengt de patiënte eerst een poos in 't donker en daarna voor 't venster, waar hij haar naar de hemel laat kijken; verder laat hij haar bij goed en slecht licht lezen. Als resultaten vindt hij:

1. Terwijl de pupil door 't licht contraheert neemt de druk af, zonder dat er accommodatieverandering plaats heeft; als zij n.l. een nacht in een donkere kamer heeft geslapen en de gordijnen worden 's ochtends geopend, dan contraheert zich de pupil van 5 tot 2 mM. wijdte, en daalt de T van 77 tot 52 mM. druk, dat is dus 25 mM. Deze daling grijpt plaats in de tijd van twee uur.

2. Nu laat hij de patiente bij goed licht een uur onafgebroken lezen; terwijl zij spontaan mededeelt dat onder 't lezen 't zien beter wordt, is aan 't eind van dat uur de T gedaald van 52 tot 32 mM., d. i. dus 20 mM. in één uur.

3. Men brengt haar in 't donker; na 20 minuten is de tensie weer tot 52, dus 20 mM. gestegen, terwijl het oog pijnlik wordt.

We zien hier dus de sterkste verschillen bij overgang van volle rust in volle actie en omgekeerd. Wat is dit nu?

Bij uitwendige druk stijgt eerst de intraoculaire druk, om langzamerhand (door vloeistofwegdrukking?) te dalen. Zou nu de daling, die v. GRÖNHOLM na 't lezen vond, de reactie zijn op een drukverhoging door convergentie? Om dit te onderzoeken liet hij een patient (nadat door atropine de inwerking van de pupil en de accommodatie uitgesloten waren) gedurende langen tijd eerst naar de zolder en dan naar z'n vinger zien; hij vond met de tonometer niet 't minste verschil tussen paralelle en convergente houding.

Als dus de drukdaling na lezen niet van de convergentie komt, kan 't dan van de accommodatie komen? En dan zó, dat door de ciliairspiercontractie de afvoerwegen voor het kamerwater geopend worden? Hij helt sterk naar deze mening over; ook op grond van onderzoekingen van LANGE, ALLESSANDRO en HEINE, aan geatropiniseerde ogen van neonati en apen gedaan. Post mortem vonden deze onderzoekers het volgende: „in atropinisirten Augen ist die Iris, besonders in ihrem ciliaren Abschnitte, dicker als in normalen, der Kammerwinkel ist spitzer, die Lamellen des Fontanaschen Raumes liegen dichter bei einander, der Schlemmsche Kanal erscheint im groszen und ganzen enger. An Eserinaugen ist der Ciliartheil der Iris deutlich dünner, die Kammerbucht erscheint mehr abgerundet, die innere Lamelle des Fontanaschen Raumes zeigt sich mehr gespannt, die Lücken desselben weiter." (LANGE). ALLESSANDRO en HEINE kwamen tot gelijke resultaten.

Welke invloed nu heeft v. GRÖNHOLM waargenomen van de accommodatie? In 't besproken geval daalde de tensie door verblijf in licht in 2 uur 25 mM.; na lezen, waarbij hij de onderzochte 2 D. accommodatie liet, in 1 uur 20 mM. In een ander geval, waar de pupil door eserine stijf was, maar accommodatie kon plaats hebben, daalde de druk bij lezen in 'n uur 4 tot 8 mM.; bij bewegelike pupil 13 mM. „Die manifeste Accommodationsbreite war 5—6 D., die Ciliarmuskelcontraction aber zufolge der Eserinisirung wahrscheinlich gröszer als diese Accommodation entsprechend." Keek 't oog na 't lezen 'n uur naar de lucht, dan steeg de tensie weer 13 mM., ofschoon de pupil *gelijk* gebleven was.

„Da die Accommodation also, wie aus diesem Falle hervorgeht, den Druck zu vermindern im Stande ist, so müssen wir annehmen dasz sie auch in den übrigen Fällen zu den Druckherabsetzungen beigetragen hat. Die bedeutenden Druckherabsetzungen nach Lesen in den Fällen 1 und 4

sind wahrscheinlich durch Zusammenwirken der Accommodation und der Convergenz-*miosis* entstanden." (convergentie zonder miosis zagen we dat géén invloed had).

Het is niet misplaatst na vermelding van de resultaten van v. GRÖNHOLM's experimenten, hier ook over te nemen zijn vernuftige redenatie over de physiologiese betekenis van iris- en ciliairspierbeweging voor de vloeistofwisseling.

Een orgaan in functie heeft meer bloed nodig dan een in rust; bij de arbeid zou dus de druk moeten stijgen, in rust zinken. 't Omgekeerde is echter waar; waarschijnlik zijn er dus terwille van de tere elementen van het oog compenserende en overcompenserende factoren, als 't ware veiligheidskleppen. „Als solche nothwendige Sicherkeitsvorrichtungen sind die Verbindungen der Iris und des Ciliarmuskels mit den Abflusswegen der intraocularen Flüssigkeit zu betrachten. Sobald das Auge vom Licht getroffen wird und also seine Functionen aufnimmt, wird demselben durch die Erweiterung der Abflusswege der intraocularen Flüssigkeit in der Kammerbucht und der vorderen Irisfläche sogleich auch die Möglichkeit gegeben, unter verstarktem Flüssigkeitswechsel und also unter besseren Stoffwechselbedingungen zu arbeiten. Der Druck aber bleibt constant. Und die Natur hat es hier wieder, wie so oft sonst, so weise und zugleich so öconomisch eingerichtet, dasz dieselben Organe, die Iris und der Ciliarmuskel, deren Thätigkeit die Vermehrung der Flüssigkeitszufuhr hauptsächlich bedingen, eben durch ihre Thätigkeit auch für die vermehrte Abfuhr sorgen."

Bezien in het licht van v. GRÖNHOLM's opvattingen was het dus geen slechte raad die iemand aan een dame met glaucoom gaf: om alvorens geneeskundige hulp in te roepen eerst 'n boek over Christian Science te lezen!

Na de uitvoerige onderzoekingen van LANGENHAN scheen 't mij overbodig experimenten in deze richting te herhalen. Ik had er wel een begin mee gemaakt en enige drukverhoging met atropine en homatropine kunnen constateren, doch de belangrijkheid van deze eigen experimenten was voor mij door de uitgebreide studiën en mooie resultaten van anderen sterk verminderd.

Ik besloot dus liever de tonometer te gebruiken om onderzoekingen te doen over de invloed die de persoon zelf op zijn intraoculaire druk uitoefenen kan met behulp der het oog omringende spieren. Dit is een vraagstuk, dat voor de operateur, zoals men zien zal, van belang is.

Bij 't meten van de normale intraoculaire druk was 't mij duidelik gebleken, dat de spanning minder was naarmate de persoon kalmer met zich liet handelen. Als de mensen aan de bewerking gewend waren, knepen ze niet meer met de oogleden en gaf de tonometer een lagere waarde aan.

Ik wilde nu vooreerst meten, hoe groot de invloed van dit knijpen op de intraoculaire druk kòn zijn. Verder zou de tonometer misschien kunnen aantonen welk soort ooglidhouder e. d. de onderzochte persoon de meeste of minste gelegenheid geeft om zijn intraoculaire drukking door spierwerking te verhogen. Als anaestheticum gebruikte ik 1% holocaine; dit is wel een zeer onaangenaam prikkelend middel, maar op de hoogte van de intraoculaire druk heeft het, volgens alle onderzoekers, geen invloed. Verder had ik voor dit onderzoek deskundige personen nodig, die èn hun oog geheel rustig konden houden èn willekeurig in verschillende mate daarin verandering konden brengen. Deze experimenten vielen niet mee; bij elke onderzochte persoon was ik ongeveer een half uur bezig, daar onderbreken van een serie nog meer bezwaren had dan achter elkaar afwerken; maar ik weet dan ook uit ondervinding, hoe moeilik 't op 't laatst was voor de onderzochte, om nog willekeurig te handelen.

Patienten zijn voor deze onderzoekingen niet gebruikt.

Te voren moet ik nog zeggen dat in de kliniek van prof. STRAUB sinds jaren is gezocht naar de ooglidhouders, die gedurende operaties in de conjunctivaalzak gebracht, het zekerst bescherming geven tegen de kwade kans, dat de onrustig geworden patient door een krachtige spierinspanning een drukking op het oog uitoefent. Hij kan immers daardoor het zoëven door de operateur met het mes geopende oog zwaar beschadigen en in het ergste geval het gehele glasachtig lichaam naar buiten laten treden.

Het ligt voor de hand dat elke ingebrachte ooglidhouder aan de spieren der oogleden gelegenheid geeft een krachtiger druk op het oog uit te oefenen, dan zonder ooglidhouders zou kunnen worden gedaan; het zou echter kunnen zijn dat de wijze van bevestiging van de ooglidhouder weerstand geeft. De volgende mogelikheden werden nu in aanmerking genomen:

1°. te gebruiken een ooglidhouder met zeer zwakke veer, die de patient zo gemakkelik zit, dat hij er niet door wordt geprikkeld tot spier-inspanning. Daarvoor dient de gewoonlik gebruikte Engelse ooglidhouder van CLARKE;

2°. te gebruiken een ooglidhouder met zeer sterke veer, die niet licht uit het vlak is te brengen, waarin hij eenmaal gespannen is;

3°. te gebruiken twee losse lissen, die door een assistent in de handen worden gehouden, één voor het boven-ooglid en één voor het onder-ooglid, zoodat de intelligente kracht de dommekracht van de patient kan tegenwerken;

4°. te gebruiken deze lissen in een gewijzigde vorm, waarin het korte, omgebogen deel, dat de ooglidrand moet omvatten zeer kort is en de patient daardoor zo weinig mogelik onaangenaam is.

Deze vier mogelikheden werden beproefd bij de zes medici, die zich voor deze proeven beschikbaar stelden.

Bij deze zes personen werd nu de intraoculaire druk met de tonometer van SCHIÖTZ bepaald op de volgende manieren:

I. Zonder kunstmatig openhouden van de ogen.

a. terwijl de persoon zich zo kalm mogelik hield, wees de tonometer met 'n gewicht van 5,5 gr. bij de 6 personen gemiddeld:

7 = 22,5 mM. Hg.	7 = 22,5 mM.	6 = 24,5 mM.
7 = 22,5 „	6,5 = 23,5 „	6,5 = 23,5 mM. Hg.

b. terwijl de persoon matig met de oogleden kneep:

5¼ = 27,5 mM.	5 = 27,5 mM.	4,5 = 28,5 mM.
5 = 27,5 „	4 = 29 „	5,5 = 26 „

c. terwijl de persoon hard kneep:

—	2 = 35 mM.	1 = 40 mM.
0 = > 50 mM.	1,5 = 37 „	0 = > 50 „

d. terwijl de persoon de wenkbrauw optrekt:

7½ = 22 mM.	—	6 = 24,5 mM.
6¾ = 23 „	6,5 = 23,5 mM.	7 = 22,5 „

II. Terwijl de oogleden open gehouden worden met de ooglidhouder van CLARKE.

a'. terwijl de ooglidhouder geheel vrij is en dus de oogleden sterk opentrekt:

5¼ = 27 mM.	7 = 22,5 mM.	6 = 24,5 mM.
4,5 = 28,5 „	6,5 = 23,5 „	6 = 24,5 „

b'. terwijl de lidhouder ingebracht is met zwak gespannen veer, zoals bij onze operaties geschiedt en dus minder de oogleden optrekt:

7½ = 22 mM.	7 = 22,5 mM.	5,5 = 26 mM.
4,5 = 28,5 „	5,5 = 26 „	6 = 24,5 „

c'. terwijl de persoon flink knijpt en de ooglidhouder in operatiestelling is:

3 = 32,5 mM.	2 = 35 mM.	1 = 40 mM.
3 = 32,5 „	1 = 40 „	1 = 40 „

III. Oogleden open gehouden met een model ooglidhouder met zeer sterke veer.

α. gewoon.

$5^1/_2 = 26$ mM.	De 5 andere personen kunnen zich met deze ooglidhouder niet rustig houden; knijpen aldoor enigszins.	

β. knijpend.

0 $=>50$ mM.	—	—
—	—	—

IV. Oogleden open gehouden door de lissen met kort omgebogen deel.

α'. terwijl de lissen rustig gehouden werden:

$6^3/_4 = 23$ mM.	—	5,5 $= 26$ mM.
6 $= 24{,}5$ „	6,5 $= 23{,}5$ mM.	7 $= 22{,}5$ „

β'. terwijl de persoon matig kneep:

3,5 $= 30{,}5$ mM.	—	3,5 $= 30{,}5$ mM.
—	5 $= 27{,}5$ mM.	4 $= 29$ „

γ'. terwijl de persoon stevig kneep:

1,5 $= 38{,}5$ mM.	—	0 $=>50$ mM.
0 $=>50$ „	1 $= 40$ mM.	0 $=>50$ „

δ'. terwijl de lissen van de oogbal werden opgeheven:

7 $= 22{,}5$ mM.	—	5,5 $= 26$ mM.
6,5 $= 23{,}5$ „	7,5 $= 21{,}5$ „	7,5 $= 21{,}5$ „

V. De oogleden werden opengehouden door de lissen met lang omgebogen deel:

Resultaten als bij IV, behalve dat de mensen het veel onaangenamer vinden.

Conclusie: Bij een kalm persoon komt het er weinig op aan welk soort ooglidhouder men gebruikt; en zodra de

patient zich niet meer rustig houdt knijpt hij even hard, onverschillig met welk instrument de oogleden open worden gehouden. Slechts moet men die instrumenten vermijden, die ook 'n kalm persoon onaangenaam aandoen, als de ooglidhouder met sterke veer en de lissen met lang omgebogen deel. 'n Geringe drukdaling zien we als de oogleden van de bulbus worden opgeheven; 'n daling die echter op zich zelf 'n nadeel is (zie blz. 59) en die de patient met knijpen even totaal overwint alsof er tevoren geen drukdaling geweest was. De proef met de lissen was dus een tegenvaller en de lang gebruikte ooglidhouder van CLARKE was in zijn autoriteit hersteld.

Bevrediging gaf ons deze conclusie niet; de enige factor die 't knijpen afweert is de gemoedstoestand van de patient, iets waar men te voren nooit voldoende zekerheid over hebben kan. Het meest afdoende om de operateur van de kant van de patient rust te bezorgen scheen ons een middel dat de spierwerking ophief. Het lag voor de hand hierbij 't eerst te denken aan de doorsnijding van den buitenooghoek. Prof. STRAUB stelde zich voor dit minder aangename experiment (evenals voor het straks te noemen dito) beschikbaar. Onder locaalanaesthesie werd de buitenooghoek ingeknipt en daarna de tonometer opgezet. Daardoor werd voor de operateur meer ruimte verkregen en kon de ooglidhouder met zwakke veer, zonder onaangename prikkeling, die tot reactie uitlokt, de ooglidspleet verder openen. Evenwel kon ook nu met enige inspanning de tonometer op *nul* worden geknepen.

Om knijpen te voorkomen was dus doorsnijding van de buitenooghoek onvoldoende, en moest dus een ander middel worden gezocht dat het de oogleden onmogelik maakte zich te sluiten. Dit bereikt men wel als men de vingers op de ooglidrand zet en dan de ooglidrand tegen de orbitaalrand aandrukt, maar hierbij is:

1°. 'n extra assistent nodig;

2°. kan de assistent door een bruuske innervatie verrast worden;

3°. is 'n krachtige druk voor de patient onaangenaam;

4°. staat de vinger van de assistent de operateur in de weg.

Deze bezwaren vervallen (behalve 't 1°) als men 't oog „uit de verte" kan openhouden; dit is te bereiken als men een draad door die spieren legt, wier samentrekking voor het oog gevaarlik worden kan, en deze draad, stevig aangetrokken, op enige afstand van het oog laat vasthouden.

Experimenteel gingen wij bij de beproeving van deze handelwijze aldus te werk:

Nadat nabij het midden van de onderste en bovenste orbitaalrand cocaïne-adrenaline onder de huid ingespoten was, werden twee draden gelegd; één door 't bovenooglid iets hoger dan de tarsus, de andere onder 't oog ter hoogte van het jukbeen, door de spieren die daar het periost bedekken. Ieder kan direkt bij zichzelf voelen dat hier een spierbundel zit, welker samentrekking het oog kan benadelen. De assistent die de draden vasthield trok ze flink aan en steunde ze tegen kruin en kin van de onderzochte.

Nu deed zich 't volgende belangrijke feit voor:

Terwijl de tonometer als de onderzochte niet knijpt, een druk van 22,5 mM. Hg. druk aangeeft, stijgt deze druk na knijpen, indien alleen aan de draad door 't bovenooglid wordt getrokken tot 35 en 40 mM.; wordt daarentegen alleen aan de benedenste draad getrokken, dan kan de onderzochte, niettegenstaande de krachtigste inspanning de tonometer niet verder brengen dan 5, d. i. een druk van 27,5 mM. Hg. druk. Terwijl de onderzochte dus doet wat hij kan om z'n intraoculaire druk te verhogen, blijft die druk binnen de grenzen van de normale.

Meermalen herhaald, gaf dit experiment steeds hetzelfde resultaat. Men heeft slechts één draad (de benedenste) nodig; wel moet men er voor zorgen dat deze door de spiermassa gelegd is en stevig wordt vastgehouden; verder moet hij

niet dichter bij 't oog gelegd worden dan ongeveer ter hoogte van het jukbeen, daar anders aan de conjunctiva getrokken en geaspireerd wordt. Terwijl men dus om het oog te sluiten, genoeg heeft aan de pars palpebralis van de M. orbicularis oculi, is ons duidelijk gebleken dat bij het knijpen de pars orbitalis 'n voorname rol speelt en dat *zijn* werking opgeheven moet worden om het knijpen te verhinderen.

Na onze experimenten heeft prof. STRAUB de draad geregeld bij operaties voor acuut glaucoom en cataract extractie gebruikt, terwijl tevens om ruimte te krijgen de buitenooghoek was ingeknipt en de ooglidhouder van CLARKE was ingebracht. Het resultaat was volkomen bevredigend. De manoeuvre was voor de patient niet onaangenaam en voor het rustig uitvoeren der operatie van groot nut.

Nadat wij in de vorige hoofdstukken het vraagstuk van de drukbepaling besproken hebben, komen wij nu tot de vraag wat die druk toch eigelik is; hoe hij tot stand komt en waardoor hij geregeld wordt.

Er komen hiervoor verschillende factoren in aanmerking, die we achtereenvolgens bespreken zullen.

De intraoculaire druk dan hangt af van:

a. de aanvoer van humor aqueus en humor vitreus;
b. de afvoer van humor aqueus en humor vitreus;
c. de bloedsdruk;
d. de elasticiteit van de bulbuswand.

VII.

DE AANVOER VAN HUMOR AQUEUS EN HUMOR VITREUS.

Het vocht dat de beide oogkamers en de glasvochtruimte vult, dankt zijn ontstaan aan het bloed. Of dit ontstaan een filtratieproces is, dan wel een secretieproces, is een strijdvraag, hoewel de eerstgenoemde mening, die van TH. LEBER, de meest algemeen aangenomene is. Ik zal eenvoudig spreken van de aanvoer van oogvocht.

Het oogvocht is een volkomen doorzichtige, reukloze, waterachtige vloeistof, alkalies reagerend, met een soortelik gewicht dat bij verschillende zoogdieren varieert tussen 1,007 en 1,009 en bij mensen nog iets lager schijnt te zijn; het bevat dan ook niet meer dan ± 1 % vaste stoffen. De organiese bestanddelen ervan zijn: een weinig serumalbumine en -globuline, geen fibrinogeen (onder normale omstandigheden stolt het vocht niet spontaan) en verder nog geringe hoeveelheden suiker, ureum, paramelkzuur en een saccharificerend enzym.

De anorganiese bestanddelen zijn: In hoofdzaak chloornatrium (0,69—0,78 %); verder wat carbonas natricus, kaliumchloride en sulfaten en phosphaten der alkaliën en aardalkaliën. De hoeveelheid bedraagt bij de mens 0,23—0,4 cM^3.

Welk gedeelte van het oog zorgt voor de aanvoer van het oogvocht?

LEBER neemt als enige bron voor het ontstaan van dat vocht de processus ciliares aan. Hij vindt dat „ihr grosser Gefässreichtum, und die enorme Verbreiterung des Strombettes durch die zahlreichen Verbreiterungen und Anastomosen" [1]), duidelik op die functie wijzen.

---

[1]) v. Graefe's Arch. Bd. 19.

Bij sommige dieren zitten de processus ciliares vastgehecht aan de achtervlakte van de iris, doch dit geeft geen principieel verschil.

Aan de iris ontzegt LEBER het vermogen om humor aqueus voort te brengen, vooreerst omdat bij congenitale aniridie de druk in het oog even hoog is als in elk ander oog. Verder voert hij dan, behalve deze anatomiese overwegingen, nog de volgende, experimenteel gevonden argumenten ter verdediging zijner opvatting aan tegen C. HAMBURGER [1]) (uit Berlijn), die de voorvlakte van de iris voor de voornaamste ontstaansbron van het oogvocht houdt.

1°. LEBER nam bij 'n konijn 't midden van de cornea weg en voerde door deze opening een staafje in, aan welks einde een metalen plaatje is aangebracht. Dit plaatje sluit aan tegen de achtervlakte van de iris.

Dan wordt door eserine de pupil zo nauw gemaakt dat hij geheel om het staafje sluit.

Bij onderzoek met vloeipapier blijkt de voorvlakte van de iris geheel droog; slechts langs de pupilrand sijpelt wat vocht door. Spoedig nadat de pupil zich om het staafje gesloten heeft ziet men de iris naar voren welven door 't vocht dat zich erachter ophoopt.

2°. Met DEUTSCHMANN [2]) verwijderde hij bij 'n konijn de iris en de processus ciliares; dadelik hield de afzondering van kamerwater op en na korte tijd was ook 't glasvocht opgezogen.

Verwijdering van de iris geeft niets anders dan wat bloeding.

3°. De waarneming van GREEFF [3]) dat bij snel afvloeien

---

[1]) C. HAMBURGER. Ueber die Quellen des Kammerwassers. Klin. Monatsbl. f. Augenheilk. 1900.

[2]) DEUTSCHMANN. Ueber die Quellen des Humor aqueus im Auge. v. Graefe's Arch., 1880.

[3]) GREEFF, Neue Befunde zur Kenntnis des Flüssigkeitswechsels im Auge enz. Sitzungsberichte d. ophthl. Ges. 1893.

van kamerwater 't epitheel van de processus ciliares blaasvormig opgelicht werd, terwijl aan de irisvoorvlakte niets dergelijks waar te nemen is.

4°. Wanneer men (naar voorbeeld van EHRLICH) fluoresceïne subcutaan of intraveneus inspuit en kort daarna de voorste oogkamer puncteert, komt het vocht in groene wolken van achter de pupilrand te voorschijn.

HAMBURGER erkent het eerste argument van LEBER als juiste waarneming, maar vindt het niet bewijzend; hij zegt dat de secretie van de iris ophoudt door indroging door de lucht en de lage temperatuur; dat men niet meer met 'n normaal oog te doen heeft en dus de methode fout is. LEBER beweert hiertegen dat vóór 't afsluiten van de pupil de iris nog telkens overstroomd wordt met vocht; dadelik na de pupilafsluiting wordt waargenomen dat hij droog is, terwijl hij toch niet in 'n ogenblik indrogen kan.

Waarop steunt HAMBURGER dan zijn opvattingen?

Hij brengt met 'n fijne canule 'n geringe hoeveelheid fluoresceïne-oplossing in de achterste oogkamer. Puncteert men de cornea dan komt de fluoresceïnestroom dadelik te voorschijn; zo niet, dan duurt het wel 'n half uur eer de gekleurde vloeistof uit de pupil komt. Blijkbaar is er een afsluiting tussen de voorste en achterste oogkamer, doordat de iris tegen de voorste lensvlakte is gedrukt. En wanneer men nu, met LEBER, aanneemt, dat het kamerwater ongeveer in 'n half uur ververst wordt dan moet, daar men in een half uur geen vloeistof ziet komen, in die tijd de iris wel afscheiden, aangezien de afvoer in de kamerhoek geregeld door zou gaan en de druk toch gelijk blijft.

Volgens BOSCH [1]) is 't experiment van HAMBURGER vol-

[1]) C. F. BOSCH. Bijdrage tot de kennis van den duur der vochtverversching in de voorste oogkamer van het konijn. Dissertatie. Amsterdam. 1904.

strekt niet bewijzend. De injectie in de achterste oogkamer doet daar wat vloeistof verloren gaan; de nu hogere druk in de voorste oogkamer drukt de iriswand tegen de lensvoorvlakte totdat het evenwicht weer hersteld is; dan treedt ook weer fluoresceïne in het pupilvlak. Al ware deze kritiek niet juist, dan nog verliest 't experiment van HAMBURGER z'n waarde, als men kan aantonen dat de vochtverversing normaliter langer duurt dan 'n half uur. Hierop komen wij straks terug.

Ten slotte voert LEBER nog tegen HAMBURGER aan dat de iris *zeker* voor resorptie dient en dat één orgaan toch niet twee tegenovergestelde functies zal hebben. Bovendien is hij 't volstrekt met HAMBURGER oneens dat de iris zo biezonder rijk aan capillairen zou zijn. Inderdaad pleit de anatomiese bouw van corpus ciliaire en iris heel wat meer voor het corpus ciliare dan voor de iris als vochtafscheidend orgaan.

Behalve de congenitale aniridie kan ik hier toevallig nog een geval van *traumatiese* aniridie aanvoeren. Voor enige weken kwam in de oogheelkundige kliniek een man die met z'n hoofd op de rand van 'n trottoir was gevallen. Aan het linker oog had hij 'n ruptura sclerae subconjunctivalis, waardoor de *gehele* iris onder de conjunctiva geslipt was. De sclera-wond sloot zich spoedig; het oog werd weer een gewoon normaal oog van normale spanning (27 mM.).

VIII.

DE AFVOER VAN HET OOGVOCHT.

1. In de hoek van de voorste oogkamer, waar de spleten tussen de bindweefselbalken dadelik voeren naar de wand

van de circulus venosus Schlemmii, zijn de voorwaarden voorhanden voor de opslurping van het oogvocht door deze venen. Van het kanaal van Schlemm komt het vocht dan in de venae ciliares anteriores.

Dat het vocht inderdaad deze weg neemt toonde LEBER aan; hij spoot 'n oplossing van indigo-karmijn in $^3/_4$ % keukenzoutoplossing in de voorste oogkamer van een levend konijnenoog; na enige tijd trad een blauwachtige verkleuring op van de voorste ciliairvenen in de omgeving van de cornearand.

Dat dit een filtratieproces is, en niet zoals SCHWALBE en GUTTMANN [1]) zeggen een open communicatie tussen oogkamer en veneus systeem, waarbij SCHWALBE zich dan het canalis Schlemmii voorstelt als een bij normale circulatie niet met bloed gevulde divertiekel van het veneuse systeem, toonde LEBER met BENTZEN [2]) aan door in plaats van een oplossing een suspensie in te spuiten van oostindiese inkt; de filtratie houdt dan op ten bewijze dat de poriën verstopt worden. Nog mooier demonstreerde hij dit op de volgende wijze: Hij gebruikte een mengsel van 't colloïd Berlijns blauw, dat niet door levende dierlike membranen dringt, en karmijnoplossing. Dit mengsel is blauw-violet. Na inspuiting in de voorste oogkamer kreeg hij een *rode* injectie rondom de cornea; ware er een open communicatie geweest dan zou dezelfde violette kleur in de venen zijn opgetreden. Bovendien zou, als die open communicatie bestond, bij elke drukverlaging in de voorste oogkamer deze met bloed gevuld moeten worden, wat *nooit* is waargenomen.

[Terloops zij hier opgemerkt dat het gebruikmaken van kleurstofoplossingen om de weg te vinden waarlangs het oogvocht het oog verlaat 't bezwaar heeft dat de kleurstof

---

[1]) GUTTMAN. Ueber die Natur des Schlemm'schen Sinus enz. v. Graefe's Archiv, 1895, blz. 28.

[2]) LEBER. Der circulus venosus Schlemmii enz. v. Graefe's Archiv, 1895, blz. 235.

diffundeert, en dus bedriegelik 'n weg kan aangeven. De eersten die deze methode gebruikten waren ULLRICH, MIMOCKY en EHRLICH; de eersten met gebruikmaking van ferrocyaankalium, uit de verbreiding van Berlijns blauw; de laatste met gebruikmaking van fluoresceïne.]

2. Als men de voorste oogkamer van een dood oog met karmijnoplossing injicieert, ziet men de kleurstof niet alleen uit de voorste ciliairvenen, maar soms ook uit de vortexvenen komen; dit wijst erop dat de voorvlakte van de *iris* deel neemt aan de vochtopname; de venen van de iris toch monden met de venen van de processus ciliares in de venae vorticosae.

Lange tijd hebben echter de bewijzen ontbroken dat in 't levende oog de iris aan de resorptie deel neemt. Injectieproeven met diffunderende stoffen kunnen geen bewijs geven; de optredende kleuring van de iris kan diffusie van de kleurstof zijn zonder dat er vloeistof in de iris is opgenomen.

LEBER en BENTZEN namen inplaats van kleurstoffen fijnkorrelige stoffen, b.v. oostindiese inkt. Ook hier echter leden de proeven schipbreuk, daar hun injectie, evenals die van kleurstoffen, kamerwater doet verloren gaan. 't Nieuwgevormde, *fibrine*houdende kamerwater stolde om de korreltjes heen, die door er heen trekkende leucocyten weggevoerd werden langs Fontana'se ruimten enz., zodat er niet voldoende korreltjes overbleven in het daarna gemaakte anatomiese praeparaat.

NUEL en BENOIT [1]) vermeden die stolling door oostindiese inkt in het corpus vitreum te brengen; nadat de inkt in de voorste oogkamer was gegaan enucleëerden zij na $2^1/_2$—6 uur het oog en vonden overvloed van korreltjes in de iris en 't corpus ciliare; in de iris kwam 't deels van de Fontana'se

[1]) NUEL en BENOIT. Des voies d'élimination des liquides intraocul. enz. Arch. d'Opht. 1899.

ruimten, maar voornamelik van de iriskrypten, die geen endotheel hebben en direkt met de weefselspleten van de iris communiceren. Ook drongen de korrels gelijkmatig van de hele voorvlakte in. 't Meest vindt men ze in de omgeving van venen en capillairen tot in de vaatwand, zodat de vaten er als donker geverfde ringen uit zien. De vloeistof is dus waarschijnlik in de vaten gegaan, de korreltjes zijn op 't filter teruggehouden; immers, waarom zouden ze anders zo om de vaten heen liggen? 'n Enkele maal zijn zelfs korreltjes in de vaten gevonden.

En 'n andere afvoer, langs lymfwegen, is er niet; de korrels dringen n.l. door de hele dikte van de iris heen tot 't pigment epitheel; verder kunnen ze niet en blijven daar dan ook dicht opeengehoopt liggen; wel 'n bewijs — zeggen N. en B. — dat er geen afvoerende lymfbanen zijn.

Bij het op blz. 76 vermelde geval van traumatiese aniridie was, hoe dikwels de tonometer ook werd opgezet, niets van enige filtratie te bespeuren; het is mogelik dat het ontbreken van de iris hier schuld aan heeft.

Het volgende geval is in verband hiermee ook interessant: ongeveer tegelijkertijd met de patient met traumatiese aniridie kwam een vrouw met congenitale aniridie, die na cataractextractie een *eerste* aanval van glaucoom kreeg. Hier kan het ontbreken van iris het ontstaan van glaucoom hebben begunstigd.

3. Behalve in de iris dringt de oostindiese inkt in 't corpus ciliare en de perichorioidea; ASAYAMA [1]) vond ze in de vaatschede van de venae vorticosae.

Figuur 3 toont ons een praeparaat van een oog dat wegens sympathiese ophthalmie geëxstirpeerd was; terwijl de ontsteking uitsluitend beperkt was tot het voorste deel van het

---

[1]) ASAYAMA. Ueber die Resorption des Kammerwassers von der vorderen Fläche des Iris. v. Graefe's Arch., 1900.

oog zien wij een cellig infiltraat rondom de venae vorticosae opgehoopt; dit bewijst ons dat hier een afvoerweg is. Prof. STRAUB, die voor 25 jaren dit praeparaat maakte, vond dit verschijnsel later herhaaldelik bij sympathiese ophthalmie. Aldus in een ander oog dat door een corpus alienum dubbel doorboord was en op de plaats van uittreding uit de sclera

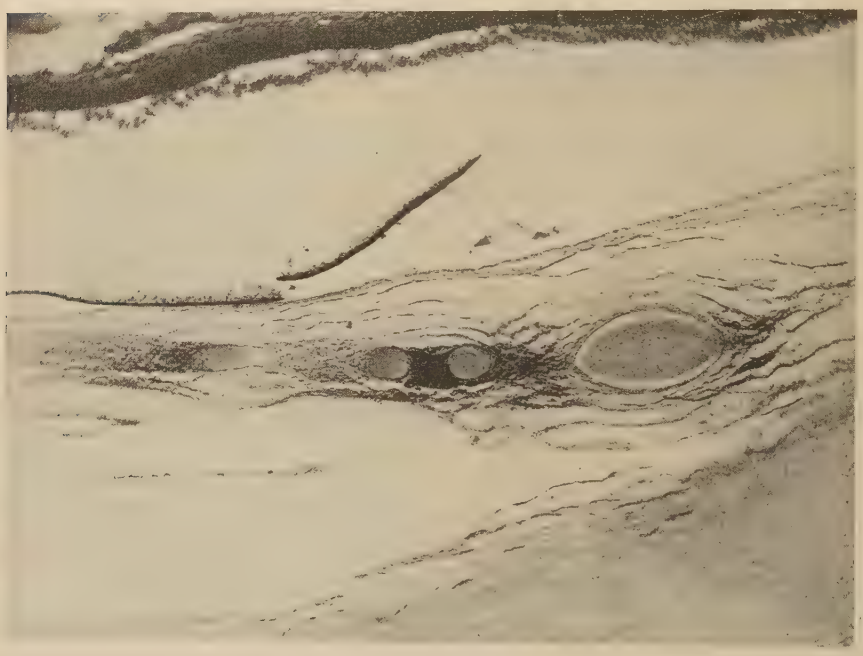


Fig. 3.

een ontsteking kreeg, die in dit oog hoofdzakelik tot de plaats van infectie beperkt was; er ging echter van deze plaats een leucocytaire infiltratie uit, die uitsluitend tot de onmiddelike omgeving der vortexvenen beperkt bleef en deze tot buiten de sclera begeleidde. Fig. 4 geeft een tangentiale coupe even beneden de plaats van uittreding der vortexvenen. Men ziet daar alle, de vortex samenstel-

lende aderen door infiltraat omgeven; de witte plek buiten en binnen deze aderring toont aan dat de infiltratie uitsluitend beperkt was tot de onmiddelike omgeving der venen.

Hieruit blijkt dat in de chorioidea langs de vortexvenen gelegenheid tot afvoer van lymfe is. Wanneer eenmaal in de chorioïdea tussen de elastiese lamellen lymfe is geraakt dan vindt deze een open weg en in de M. ciliaris een stuwkracht.

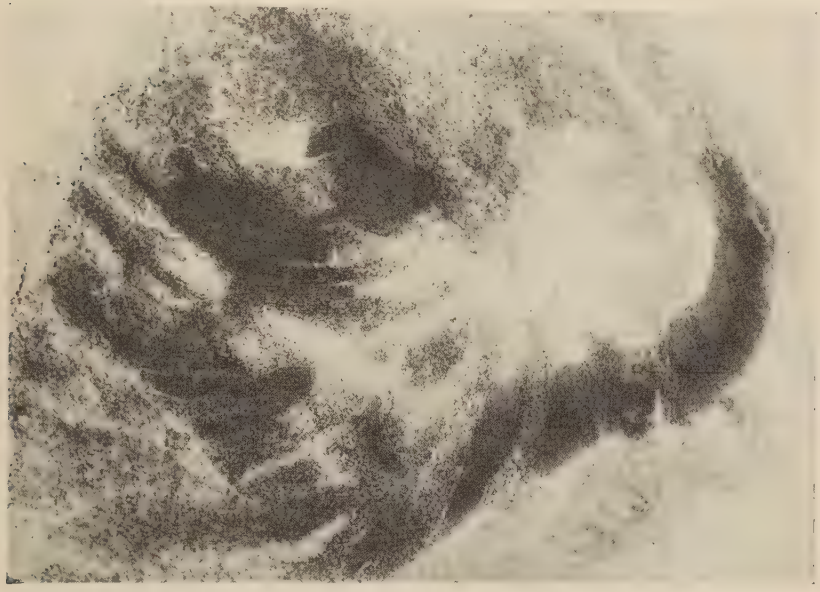


Fig. 4.

De vraag rijst of uit voorste oogkamer en uit de iris humor aqueus in de chorioidea kan geraken. Daarvoor pleit vooreerst al de beschouwing van histologiese doorsneden dezer delen, ten tweede de reeds geciteerde filtratieproeven op dode ogen.

Onlangs deed ROCHAT [1]) proeven, die in deze richting

[1]) Het artikel van Dr. Rochat moet nog in druk verschijnen in het Ned. Tijdschr. v. geneeskunde.

wijzen. Hij koos om de weg te vinden 'n vloeistof die geen diffundeerbare stof en ook geen corpusculaire elementen bevatte; hij gebruikte een oplossing van 't colloïd: *haemoglobine,* dat in alcohol onoplosbaar is (dit laatste is nodig voor de microscopiese techniek).

ROCHAT filtreerde 'n half uur of meer haemoglobine-oplossing door 'n geënucleëerd konijnenoog dat met de cornea naar boven was gelegd (anders ontstaat er alleen hyphaema). Tijdens 't experiment zag hij de vloeistof wèl komen uit de v.v. ciliares anteriores, niet uit de v.v. vorticosae.

Hij vond de kleurstof:

1°. in de ruimten van het trabeculum corneo-sclerale en de venen die analoog zijn met 't kanaal van SCHLEMM bij de mens; verder in de hiermee samenhangende v.v. cil. ant.;

2°. over 'n klein deel aan de binnenzijde in de sclera gedrongen;

3°. in de iris; ook *in* de vaten;

4°. soms in de suprachorioidea;

5°. in de lenskapsel.

De cornea vond hij ondoorgankelik; de membraan van Descemet houdt de vloeistof tegen.

Bij de overbrenging van dit resultaat op het levende oog bedenke men dat daar de ciliairspier en de kringspier der iris spanning en pompbeweging brengen in iris en chorioidea en dat dus de in de iriskrypten opgezogen vloeistof als hij voor een klein deel in de mazen van het corpus ciliare overgaat veel lichter de weg naar de chorioideale lymfruimten vindt dan in een dood oog.

Tot nu toe hebben wij steeds gesproken van het kamervocht, doch ook het glasvocht is 'n oogvocht dat aan- en afgevoerd moet worden. Een andere aanvoerbron dan 't corpus ciliare is niet denkbaar. Men kan die, zoals gewoonlik gedaan wordt, zoeken in de processus ciliares, doch ook in de

pars plana van het corpus ciliare, waaraan de glasvochtvezels in hoofdzaak zijn gehecht.

De vloeistofwisseling moet zeer gering zijn, daar in het achterste deel van het oog weinig afvoerwegen zijn en daar het corpus vitreum door zijn bouw een grote weerstand aan de lymphe moet bieden; afvoer naar voren door de zonulaspleten wordt volgens LEBER tegengewerkt door de secretiestroom van de processus ciliares. Of hij recht heeft van secretie*stroom* te spreken, daarop komen wij later terug. De voornaamste afvoerweg is wel langs de N. opticus, daar 't centraalkanaal van het corpus vitreum samenhangt met de perivasculaire lymfruimten der centraalvaten en via deze met de schede van de N. opticus. NUËL en BENOIT vonden, enige uren nadat zij oostindiese inkt in het corpus vitreum van levende konijnen hadden geinjicieerd de korreltjes langs de lymfscheden der centraalvaten, in de N. opticus en de orbita.

LEBER bracht oostindiese inkt in de achterste oogkamer en vond, als na ½ uur 't oog geënucleëerd werd, de korreltjes in het centraalkanaal van het glasvocht en verder in de lymfruimte om de opticusintrede.

De pathologie is in haar recht om hier een woordje mee te spreken. Zij leert velerlei. Vooreerst maakt zij waarschijnlik dat het corpus vitreum eer van de pars plana dan van de processus ciliares afstamt. Ik zal daarvoor niet alle gronden aanvoeren, omdat een volledige bespreking onevenredig veel ruimte zou vorderen, doch alleen erop wijzen dat in zogenaamd atrofierende ogen gewoonlik de processus ciliares normaal schijnen, terwijl de pars plana veranderd is, en dat deze ogen klein zijn omdat het glasachtig lichaam klein is. Verder kan men onder die atrofierende ogen atrofia anterior en atrofia posterior onderscheiden. Bij de eerste is blijkbaar de vorming van humor vitreus ongestoord gebleven, terwijl de vorming van humor aqueus heeft geleden.

Verder leert de pathologie het bestaan van een centraalkanaal in het corpus vitreum. Menigmaal ziet men dit bij

glasvochtbloeding opgevuld en voert het het bloed dat in de nabijheid van het corpus ciliare is uitgestort naar de gezichtszenuw.

Eindelik vindt men bij ontstekingen in het corpus ciliare, ook lichte chroniese, die hier het meeste bewijzen, een ophoping van leucocyten in de excavatie van de gezichtszenuw en van de centrale netvliesvaten (v. d. Borg [1]) papillitis, Straub [2]) hyalitis). Er is daar 'n stroom van lymfe, die van de pars plana gaat naar de N. opticus. De glasvochtmembranen en glasvochtvezels moeten echter aan deze stroom grote hinderpaal bereiden, zodat pas als de open weg, het centraal kanaal bereikt is, enige afstroming van betekenis gebeuren kan.

Hoe is nu de verhouding tussen aanvoer en afvoer, m. a. w. hoe snel grijpt de vloeistofwisseling plaats? Behandelen we eerst weer het kamervocht.

Aan het normale oog zien we geen vloeistofafzondering; wèl zien we die als na 'n perforerende wond kamerwater of glasvocht dat verloren is gegaan weer aangevuld moet worden. Hoe gauw dit gaat ziet men als men 't kamerwater opzuigt door 'n fijne canule; de wondopening sluit zich dan direkt en na enige minuten is de oogkamer weer even diep. Dat nieuwe kamervocht bevat veel meer eiwit (volgens Wessely 2 %) en 't bevat fibrinogeen waardoor 't bij uitvloeien spontaan stolt. Dit komt volgens Wessely niet, gelijk men vroeger dacht, door mechaniese oplichting van het epitheel van de processus ciliares (Greeff), dus analoog aan de exsudaatvorming bij excoriaties van de epidermis; want als men de vloeistof langzamer laat aflopen, worden de epitheelblazen niet gevormd, terwijl er toch evenveel

---

[1]) J. v. d. Borg. De papillitis welke voorkomt bij aandoeningen van het voorste deel van het oog. Ned. Tijdschr. v. geneeskunde, 1908.

[2]) M. Straub. Ontsteking van het glasachtig lichaam. Ned. Tijdschrift v. geneesk. 1903.

eiwit in 't nieuwe kamerwater is. WESSELY [1]) vat de eiwitrijkdom op als 'n gevolg van de hyperaemie van de door de plotselinge drukontlasting mechanies geprikkelde bloedvaten. Die hyperaemie is aan de iris van albino-dieren heel fraai waar te nemen.

Het is weer TH. LEBER [2]) geweest, die 't eerst heeft getracht na te gaan hoe lang de verversing van het kamerwater duurt. Dàt dit kamerwater voortdurend, al is 't dan ook onmerkbaar aangevoerd en weer afgevoerd wordt, zódanig dat er steeds een gelijke vullingstoestand en spanning van de oogbol is, neemt hij aan op grond van de volgende argumenten:

Aan een vers dood oog met gave oogkamer ziet men dat onder constante druk geinjicieerde vloeistof geregeld naar buiten afgevoerd wordt; hij komt niet door lymfvaten naar buiten maar op de sneevlakte van de venae ciliares anteriores en de vortexvenen. Brengt men 'n horizontale glazen buis met 'n luchtbel erin tussen 't oog en 't vat dat de vloeistof bevat, dan kan men aan 't opschuiven van de luchtbel direkt waarnemen dat de vloeistof 't oog binnendringt.

Hij trekt nu hieruit de conclusie dat ook aan 't levende oog de intraoculaire druk de kamervloeistof in de venen drijft; dit verlies zou door aanvoer voortdurend gecompenseerd worden. Deze conclusie zou nog gesteund worden door het feit dat 'n drukstijging, kunstmatig in het oog bewerkt door injectie van keukenzoutoplossing, zo gauw weer verdwijnt; dit kan alleen door resorptie. Daar in 't levende oog de druk in normale omstandigheden gelijk blijft meent hij dat hij uit de hoeveelheid vocht die uit 't dode oog filtreert 'n conclusie mag trekken betreffende de hoeveelheid gesecerneerd vocht durante vita. Hij meet de hoeveelheid die uit

---

[1]) Dr. K. WESSELY. Die Augenflüssigkeiten nach den Ergebnissen der neueren biologischen Forschung. Ergebn. d. wissenschaftl. Medizin, 1910.

[2]) BENTZEN und TH. LEBER. Ueber die Filtration aus der vorderen Kammer enz. v. Graefe's Arch., 1895.

't oog komt met zijn op blz. 9 beschreven filtratiemanometer en gebruikt als injectievloeistof de indifferente $^3/_4$ % NaCl oplossing. Bij 't menselik oog vonden LEBER en BENTZEN 13 uur na de dood bij 25 mM. Hg druk een filtratie van 5 mM³. in de minuut; bij 't konijn 6 mM³. Bij grote dieren is de filtratie, evenredig met de grootte van de oogkamer, groter. PRIESTLEY SMITH [1]) vond bij 'n schaap 26 mM³.; NIESNAMOFF [2]):

bij 'n	varken	11 mM³.
„	„ hond	18 „
„	„ kat	24 „
„	„ schaap	28 „
„	„ os	62 „

LEPLAT [3]) bepaalde de filtratie geheel anders.

Hij bracht onder 'n normale oogdruk 'n manometer in verbinding met 't glasvocht van 'n konijn. Toen liet hij 't kamerwater aflopen en vulde de kamer met vloeibare vaseline tot weer die normale druk bereikt is. De vaseline verstopt de afvoer langs de oogkamerhoek en het gesecerneerde oogvocht doet de manometer rijzen; hij vond dat in 5 minuten 21 mM³. in de manometer overgingen, d.i. dus ± 4 mM³. per minuut. Daar de oogkamer van de mens volgens opgave van v. JÄGER 0,24 cM³. vocht bevat heeft de vochtverversing daar in ± 48 minuten plaats. Bij 'n konijn duurt 't ± 43 minuten.

LEBER vindt dit zeer langzaam en zegt dat er dan ook in de kamer, als hij er bv. goudstof inbrengt of er cholesterinekristalletjes in zijn, niets te *zien* is van enige *stroming*.

Dat niet bij elke druk de verversing even gauw gaat is

---

[1]) Ohpth. Rev., 1888.

[2]) v. Graefe's Arch., 1896.

[3]) Nouv. recherches sur la circulation du liquide intraoculaire. Ann. d'Oculistique, 1889.

begrijpelik; ADAMÜK en later JESNER vonden dat er *meer* vocht uitloopt als de druk in 't vat waarin zij 't opvingen lager is. Hieruit moet men de conclusie trekken dat de hoeveelheid kamerwater die gesecerneerd wordt, recht evenredig is met 't verschil in druk binnen in 'n bloedvat en die van de omgeving van dat vat. Bij hoge intraoculaire druk is er dus weinig secretie. GRÖNHOLM vond bij injecties in 't corpus vitreum van konijnen onder 'n druk van 50 mM. Hg. de secretie bijna opgeheven.

Tegen de opvatting van LEBER dat, òmdat in 'n dood oog de verversing van vocht in 48 minuten plaats greep, dit nu ook bij 'n levend oog 't geval zou zijn hebben zich meerdere stemmen verheven. En m. i. terecht. Bij 'n dood oog zijn lege bloedvaten, geen invloed van het zenuwstelsel, andere weefselspanning, andere temperatuur, andere permeabiliteit der cellige vaatbekledingen. Theoretiese redenen om de uitspraak van LEBER te betwijfelen zijn er dus genoeg; (LEBER zelf zegt vroeger, in v. Graefe's Archiv 1873 dat de filtratie in 't levende oog wel langzamer moet zijn wegens de vullingstoestand van de vaten, later verwaarloost hij deze uitspraak.) Bovendien heeft de oogarts telkens weer gelegenheid om waarnemingen te doen die tegen LEBER's opvatting pleiten.

Hoe toch moet men zich voorstellen dat de toestand in 'n oog zou worden waar in 48 minuten 0,24 cM^3. vocht door de processus ciliares wordt afgescheiden, terwijl de communicatie tussen achterste en voorste oogkamer door synechiae posteriores is afgesloten? In 'n minimum van tijd zou hier secundair glaucoom moeten ontstaan terwijl we dit in sommige gevallen na jaren, in de meeste gevallen nooit zien. Dit zou hier nog speciaal moeten gebeuren omdat de resorptie intakt is; na 48 minuten zou alle kamerwater geresorbeerd moeten zijn en de iris zou tegen de cornea aan moeten liggen.

Als zulke patienten glaucoom krijgen is men geneigd uit hun geval argumenten voor de lang gangbaar gebleven voorstellingen over de lymfstroom in het oog te putten. Doch de vele jaren gedurende welke zij geen glaucoom gekregen hebben, geven evenzo argumenten ertegen.

De op blz. 75 vermelde proef van HAMBURGER heeft daarin licht gebracht. Zij toont dat de vloeistofstroom minstens genomen, zeer veel langzamer gaat dan men gedacht heeft. Een stap verder en men laat zich door de genoemde oogheelkundige waarnemingen dwingen tot de voorstelling dat er geen stroom van lymfe is in een normaal oog.

Bij nadere overweging geeft ook de physiologie aanduidingen in deze richting. Vooreerst, het kamervocht heeft niet de opdracht een of ander weefsel te voeden en daarvan de vervalproducten op te nemen en af te voeren, doch een optiese functie, aan welke het voldoen kan, door rustig op z'n plaats te blijven.

Hoe weinig wordt verder 't kamervocht (en 't zelfde geldt voor het corpus vitreum) verontreinigd! De vaste delen van het oog hebben lymfwegen en venen genoeg om vervalproducten op te ruimen. Wat komt er bij 'n rustig, niet ontstoken oog voor verontreiniging in 't oogvocht? Alleen wat door diffusie aan de resorptie ontsnapt en heen weet te breken door de muur der endothelia.

Iets anders is het bij ontsteking en bij weefselverval door seniliteit; de toxinen of de vervalstoffen die nu in de oogkamer komen moeten verwijderd, en zullen daartoe de aanvoer verhogen die op zijn beurt afvoer eist.

'n Mooie demonstratie hiervan levert ons de atropine, waarvan het vaststaat dat na indruppeling in de conjunctivaalzak, 'n gedeelte door de cornea diffundeert naar de voorste oogkamer. In 'n rustig oog ingedruppeld toont hij z'n werking nog na 14 dagen; bij 't ontstoken oog is soms na eenige uren de pupil weer nauw. Men zou hier kunnen tegenwerpen dat de atropine dan uit 'n rustig oog eigelik

nooit moest verdwijnen, maar dit is niet waar. Atropine is toch in elk geval een aan het kamervocht vreemde stof, die als, zij 't dan ook geringe, prikkel werkt, nog daargelaten z'n werking op de vaten, die als zodanig ook de secretie wijzigt.

Degenen die overtuigd zijn geweest, dat in 'n normaal oog geen continuë vloeistofverversing plaats grijpt, waren VENNEMAN [1]) te Leuven en WEISS [2]) te Königsberg. Deze laatste gaat successievelik ongeveer alle experimenten en waarnemingen na die er gegeven zijn om te bewijzen dat 't corpus ciliare continu vloeistof afscheidt en zegt dat er niet één overtuigend is; voornamelik al omdat de experimenten (LEBER, LEPLAT) òf aan dode, òf aan geirriteerde ogen plaats hadden. Verder pleit de proef van HAMBURGER er beslist tegen; hoe zou anders als de hele kamer in 48 minuten ververst werd, pas na $^1/_2$ uur wat fluorescine van de achterste in de voorste oogkamer komen? Ook de waarneming van ULBRICH, die een patient had, waarbij congenitaal 'n stuk van de iris vervangen was door 'n dun velletje, welk velletje steeds naar voren gewelfd was, en als het door bepaalde manipulaties ingestulpt was, na enige ogenblikken wéér naar voren welfde, vindt hij niet bewijzend voor 'n continuë vochtafscheiding van het corpus ciliare. Want ULBRICH zelf geeft aan, dat o. m. ook ontspanning van accommodatie en druk op de bulbus de membraan naar voren welfde, terwijl 't bovendien niet uitgemaakt is of die naar voren-welving niet de evenwichtsstand van het membraantje is, waarin het na de instulping terugkeert.

BOSCH [3]) bracht in de conjunctiva van een levend konijnenoog een 2 % oplossing van chloorlithium en liet die gedurende

---

[1]) M. VENNEMAN, l'absorption de l'humeur aqueuse dans l'oeil humain. Bullétin de la Société Belge d'optht., 1899.

[2]) Der intraokulaire Flüssigkeitswechsel. Zeitschr. f. Augenheilk., 1911.

[3]) C. F. BOSCH, l. c.

een bepaalde tijd erin; daarna spoelde hij de conjunctivaalzak uit met physiologiese zoutsolutie en puncteerde na korter of langer tijdsverloop de oogkamer. In het vocht bepaalde hij het chloorlithiumgehalte door te zien hoeveel maal hij het vocht met aqua destillata moest verdunnen om spectroscopies nog juist de Li-streep te krijgen. Uit het verschil in chloorlithiumgehalte tussen op verschillende tijden gepuncteerd vocht laat zich de verversingstijd van het kamerwater berekenen.

Bij zijn proeven nu kwam Bosch tot 'n resultaat dat volgens Leber's opvattingen over de verversing van het oogvocht zeer paradoxaal schijnen moest. Hoe meer chloorlithium hij n.l. inbracht des te gauwer was het eruit, bv.

beginconcentratie:	verversingstijd:
1 : 3,000	26 minuten
1 : 13,000	41 „
1 : 21,000	78 „

Zeer goed is dit verschijnsel evenwel volgens de boven uiteengezette opvatting te verklaren; hoe meer chloorlithium, hoe sterker prikkel; dus meer afscheiding en sneller resorptie.

Bosch vond als gemiddelde verversingstijd bij 't inbrengen van 'n geringe concentratie chloorlithium ± 4 uur; dit is nog kort, maar we hebben toch ook hier nog te doen met 'n oog dat, zij 't dan ook in geringe mate, geprikkeld wordt door de stof die aan de samenstelling van het kamerwater vreemd is.

Na alles wat wij hier boven over de vochtverversing hebben gezegd geloof ik onze opvatting hierover voldoende te hebben gemotiveerd. Het was toch ook eigelik niet te verwachten dat door de natuur het corpus ciliare als de kraan van de waterleiding zal worden opengezet terwijl er niets schoon te maken valt.

Hetgeen hierboven over 't kamerwater gezegd is geldt, mutatis mutandis, voor 't glasvocht. Hetgeen „mutandum" is, is de nog veel trager vochtverversing.

LEPLAT vond dat bij subcutane joodkaliuminjectie na 10 minuten alleen 't kamerwater, na 15—50 minuten ook 't glasvocht J K bevatte. Gedurende 7 uur neemt 't gehalte aan J K in kamerwater en 't voorste deel van het glasvocht toe; daarna af. Later verschuift 't maximum aan J K naar 't achterste deel van het glasvocht, waar 't 't langst, ± 38 uur, blijft.

SCHÖLER, UHTHOFF en EHRENTHAL konden 1—2 weken na injectie van fluorescine, deze nog in het corpus vitreum aantonen.

PRIESTLY SMITH bracht één manometer in verbinding met de oogkamer, één met 't corpus vitreum, en injicieerde vloeistof onder een overdruk van 10—15 Cm. water in 't corpus vitreum; deze overdruk drukte weldra de iris tegen de cornea, zodat er geen afvoer meer was langs de Fontana'se ruimten; en toch kwam langs de vrij gebleven weg langs de N. opticus zó weinig vloeistof dat ze nauweliks waar te nemen was. PRIESTLEY SMITH schatte de afvoer langs deze weg op hoogstens $^1/_{50}$ deel van de afvoer via de oogkamer.

Talrijke oogheelkundige waarnemingen bevestigen de onderstelling dat het corpus vitreum zeer traag en met name zeer veel trager dan de humor aqueus wordt ververst.

Een hypopyon of hyphaema in de voorste oogkamer kan als de oorzaak van ettering en bloeding is opgeheven in een dag verdwijnen. Een exsudaat of bloeding in het glasvocht heeft weken en maanden nodig om opgeruimd te worden.

IX.

DE BLOEDSDRUK.

Als 3e factor wordt de intraoculaire druk beheerst door de bloedsdruk. Het is waarschijnliker dat dit is de druk in de capillairen, die geen eigen wand hebben en te samen een zo groot oppervlak bezitten, dan dat 't de druk in de arteriën zou zijn, wier wanden zelf al zo'n groot deel van de bloedsdruk dragen, zodat bij drukschommelingen hun wanden zich ook aan die schommelingen passen. Dat dit 't geval is vinden wij duidelik weergegeven in de mooie onderzoekingen van ZWAARDEMAKER over „de uitzetting der slagaderen door den bloedsdruk", gepubliceerd in het Nederlandsch Tijdschrift voor geneeskunde van 1888, welke ik hier in hoofdzaak zal weergeven.

Men onderscheidt in de vormverandering die een elasties voorwerp onder de invloed ener vervormende kracht ondergaat twee gedeelten:

1°. de direkte vormverandering;

2°. de elastiese nawerking.

Scherpe grenzen tussen de snel plaats grijpende direkte verandering en de nawerking zijn er niet; aan het gedeelte der uitzetting dat snel tot stand komt, sluit zich een langzamer gedeelte aan; daaraan een nog langzamer, enz.; de overgang is geleidelik. ZWAARDEMAKER nu heeft naar een methode gezocht om de invloed, door de tijd op de uitzetting uitgeoefend te elimineren; dan houdt hij dus de zuivere uitzetting van het vat over.

Hij is begonnen met de uitzetting der *dode* arterie door geleidelik klimmende druk. Een slagader, gewoonlik een carotis van paard of hond, wordt bij een weinig van nul verschillende druk nauwkeurig met kwik gevuld en aan het

ene uiteinde gesloten; aan het andere einde is de arterie door middel van een dikwandige caoutchouc slang verbonden met een drukvat, dat door een uurwerk langzaam en regelmatig omhoog en weer omlaag kan worden bewogen, waardoor de spanning in de arterie geleidelik van 0—740 mM. Hg. druk verhoogd kan worden (of omgekeerd). De arterie was geplaatst in een kwikreservoir van onveranderlike inhoud; het kwik dat hieruit bij uitzetting van het vat verdrongen werd, werd opgevangen op een verende brievenweger, welks uitslagen continu op een trommel geregistreerd werden; zo ontstond een ononderbroken uitzettingscurve van het vat. Door het uurwerk werd tegelijk met de beweging van het drukvat de trommel zó omgedraaid dat aan 740 mM. loodrechte verplaatsing van het drukvat een omwenteling van de trommel beantwoordde.

Het is begrijpelik dat al naarmate men het vat sneller onder hoger druk brengt, men meer rekening heeft te houden met de aanvankelike uitzetting dan met de elastiese nawerking; en het laat zich zelfs denken dat bij een zeer snelle uitzetting óók de *direkte* uitzetting onvolledig zijn zal. Bij een verheffing van het drukvat over een hoogte van 740 mM. in 20 seconden zag ZWAARDEMAKER dan ook slechts een onbeduidende verandering aan de arterie tot stand komen. Het eerste wat hij nu trachtte te bereiken was om wèl de aanvankelike uitzetting *ten volle* te bereiken, maar aan de andere kant de stoornis der nawerking te ontgaan. De proeven werden genomen aan een carotis die, om alle vitale invloeden uit te sluiten, daags te voren uit het toen pas gestorven dier was genomen en gedurende 24 uur in half met water verdunde glycerine was bewaard, door welke vloeistof de elasticiteit der arteries in het algemeen niet verandert.

De lengte van het stuk bedroeg 5 cM. Er bleek dat de aanvankelike uitzetting onvolledig is als hiervoor minder dan 3 minuten tijd is toegestaan. Tussen de 3 en 10 minuten

was zij volledig en dan maakte het geen essentiëel verschil hoe lang de duur van het experiment binnen deze grenzen was. Elastiese nawerking kwam dàn alleen tot stand wanneer men hier en daar in de proef een pauze inschoof; die nawerking bleek bij eenzelfde tijdsduur groter te zijn bij gemiddelde, dan bij hoge of lage druk; kon zij zich dus op alle punten der curve doen gelden dan zou deze geheel anders verlopen. Uit het feit echter dat bij de middelmatig snelle uitzettingen in 3, 6 of 10 minuten verkregen, de krommen volkomen overeenstemmen, volgt dat de elastiese nawerking zich bij *deze* uitzettingen *niet* doet gelden; immers deed zij dit wèl, dan moest ze toch een functie zijn van de tijd waarin de kromme wordt getrokken en zou zij zich in een variërend verloop van die kromme moeten openbaren. Kiest men dus de tijd waarin men de intravasculaire druk van 0—740 mM. Hg. laat stijgen niet korter dan 3 en niet langer dan 10 minuten, dan kan men de aanvankelike uitzetting van slagaderen nauwkeurig bestuderen.

De uitkomsten van deze proeven zijn de volgende: De elastiese uitrekbaarheid ondergaat voortdurend verandering; bij stijgende intravasculaire druk wordt zij aanvankelik gestadig groter, en wel sneller naarmate de druk nog laag is; dode slagaderen zijn dus bij betrekkelik lage druk het meest uitrekbaar; deze uitrekbaarheid neemt af wanneer de intravasculaire druk stijgt, wordt reeds bij een druk weinig hoger dan de normale gemiddelde bloedsdruk zeer gering om bij nòg hoger druk tot 'n minimum te dalen.

ZWAARDEMAKER herhaalt daarna deze proeven bij een levend dier aan een in situ gelaten carotis, waarin een canule is ingebonden; de volgende dag gebruikt hij de andere carotis van hetzelfde dier voor postmortale meting. In onderstaande tabel zien wij hoe dezelfde wet van uitrekking die voor de dode slagader geldt ook voor de levende van kracht is:

	Carot. dext. v. een hond, postmort.	Carot. sin. durante vita.
Onbeduidende rekbaarheid	Beneden 25 mM. Hg.	Beneden 50 mM. Hg.
Geleidelike toename der rekbaarheid . .	Van 25—44 „ „	Van 50—81 „ „
Maximum van rekbaarheid	Tussen 38 en 44 „ „	Van 78—104 „ „
Geleidelike vermindering van rekbaarheid.	Boven 44 „ „	Boven 104 „ „
Onbeduidende rekbaarheid	Boven 200 „ „	Boven 199 „ „

Boven 104 mM. Hg. zien wij dus een vermindering van de uitrekbaarheid der grote levende arteriën optreden.

Het bevreemdt mij enigszins dat ZWAARDEMAKER dit noemt: „een druk slechts weinig *hoger* dan de intravasculaire druk." Volgens HERMANN bedraagt de bloedsdruk in de carotis van een hond (en daarvan is hier sprake) circa 170 mM. Hg. druk.

Hoe dit zij, wij mogen met deze proeven als bewezen aannemen dat binnen physiologiese grenzen de schommelingen van de bloedsdruk een uitzetting van de elastiese vaatwand geven, waardoor de vaten zelve in kaliber wisselen. Rechtstreeks zichtbaar is dit dikwels aan de Art. temporalis of aan de radiaalpols die de huid oplicht.

Als dus de wand van de arteriën zoveel van de bloedsdruk draagt is het waarschijnlik dat de intraoculaire druk beheerst wordt door de druk in de capillairen.

Welke nu is de verhouding tussen die druk in de capillairen en de intraoculaire druk?

Volgens LEBER is de grootte der druk in de capillairen van de processus ciliares ongeveer 50 mM. Hg., terwijl de intra-oculaire druk schommelt tussen 20 en 30 mM. Hg. en het normale op 25 mM. gerekend wordt. Waaròm

is dit verschil en hoè is het te verklaren? Dàt de intraoculaire druk de druk in de capillairen niet mag overtreffen ligt voor de hand; ware dit wèl het geval de capillairen zouden worden dichtgedrukt en alle bloedstoevoer zou ophouden. Hoè het komt dat werkelik de intraoculaire druk beneden de druk in de capillairen blijft, wordt uitvoerig besproken door CZERMAK en BIRNBACHER, die op de circulatie in het oog de wetten van KÖRNER hebben toegepast. KÖRNER n.l. heeft voor 't eerst (in 1873) de wetten nagegaan betreffende 't stromen van vloeistof door buizen, die bij gedeelten een permeabele en bewegelike wand hebben, en rondom welke zich de vloeistof ophopen kan. Beginnen wij met de bespreking dezer wetten.

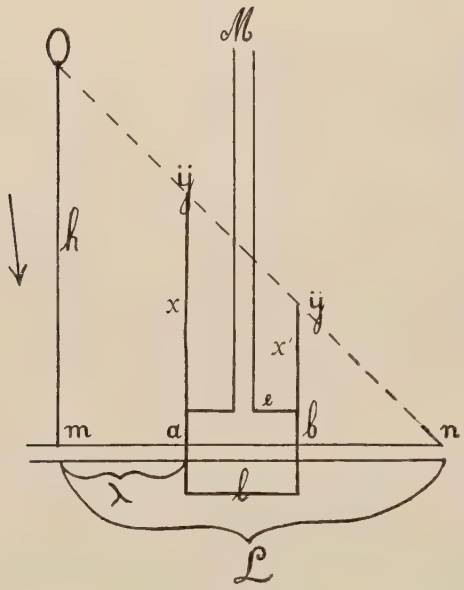


Fig. 5.

mn is een horizontale buis, met overal gelijk, vrij nauw lumen.

Bij *m* vloeit onder een constante druk *h* gelijkmatig water toe; bij *n* vloeit dit vrij af.

ma en *bn* zijn waterdicht.

ab is dunwandig en laat transfusie toe.

ab is door een aan alle kanten gesloten, waterhoudende glazen cylinder omgeven, welke bij *e* met een manometer *M* voorzien is. Als *h* dus constant is, is de wisseling tussen 't rustende water in de cylinder en 't stromende water in *mn* afhankelik van de transfusie die de buiswand over 't stuk *ab* toelaat.

De lijn *On* geeft normaliter de zijdelingse manometerdruk in *mn* aan; aan het begin van het permeabele stuk is die *aij*, aan het eind *bij'*; dit is hier evenwel niet zo wegens de transfusie.

Stel nu eerst dat de buis bij *n* gesloten ware; dan zou overal *in mn* 'n druk *h* gaan heersen, terwijl ook 't water in M zou gaan stijgen tot 'n hoogte *h*, daar het door het permeabele stuk heen zou dringen ($h > aij$ of bij'). Blijft de buis evenwel open, dan is bij *n* in 't geheel geen druk van binnen naar buiten, terwijl bij *m* de druk *h* blijft bestaan. Daar *mn* horizontaal loopt en overal gelijk lumen heeft, moet er althans in het begin van de transfusie een ogenblik zijn waarop de druk *in mn* overeenkomt met de lijn *On*. Hoe groot is op dat ogenblik de zijdelingse druk bij *a* (= x) en bij *b* (= x')?

$$x : h = L - \lambda : L. \qquad x = \frac{h\,(L - \lambda)}{L}$$

$$x' : h = (L - l - \lambda) : L. \quad x' = \frac{h\,(L - l - \lambda)}{L}$$

De druk in het *midden* van *ab* (*Dm*) is dus:

$$Dm = \frac{h\,(L - \lambda + L - l - \lambda)}{2\,L} = \frac{h\,(L - \lambda - \frac{1}{2}\,l)}{L}.$$

Er heerst dus bij open afvoer in 't stuk *ab* een *gemiddelde* druk *Dm*, die langzamerhand ook in 't water eromheen en in de manometer een even hoge druk (*Dr*) zal doen heersen. Is *Dr* nu gelijk aan *Dm*, dan heerst *overal* in de gehele cylinder om de permeabele buis heen een druk *Dm*, en wordt dus elke vlakte-eenheid van de buis *ab van buitenaf* met die druk belast, terwijl *binnenin ab* de druk bij *a* 't grootst, bij *b* 't kleinst is. In het midden van *ab* zijn de druk binnen en buiten de buis aan elkaar gelijk.

x is $\frac{h\,\frac{l}{2}}{L}$ groter dan Dm en Dr; x' is $\frac{h\,\frac{l}{2}}{L}$ kleiner dan Dm en Dr.

In de eerste helft van *ab* zal dus een transfusie van binnen naar buiten, in de 2e helft van buiten naar binnen plaats hebben.

Onderzoekt men nu de drukverschillen tussen de buiten- en binnenvlakten van *ab* op de plaatsen *a*, *e* en *b*:

Dr — Dx, Dr — Dm en Dr — Dx'.

$$Dr - Dx = \frac{h}{L}(L - \lambda - \tfrac{1}{2}l) - \frac{h}{L}(L - \lambda) = -\frac{h \times \frac{l}{2}}{L}.$$

$$Dr - Dm = 0.$$

$$Dr - Dx_1 = \frac{h}{L}(L - \lambda - \tfrac{1}{2}l - L + l + \lambda) = \frac{h\frac{l}{2}}{L}.$$

Daar *ab* evenwel rekbaar is en dadelik toegeeft aan een overdruk terwijl de transfusie tijd nodig heeft, wordt de buis van *a* tot *e verwijd*, van *e* tot *b* vernauwd.

Deze vormverandering blijkt nu evenwel weer niet zonder gevolg voor de transfusie zelf. Door de vernauwing van *e* tot *b* ontstaat een *stuwing*, die van *e* uit achterwaarts weer meer vermeerdering van de inwendige druk geeft, terwijl hij van *b* af in de richting van de afvoeropening een afname van de stuwkracht geeft. Zo daalt dus x^1 en stijgt x.

Stijgt x dan stijgt de inwendige druk in al die doorsneden, waarin niet door een sterk overwegen van *Dr* reeds stuwing is ontstaan ('t ergst in *b*). Door 't stijgen van de druk in een gedeelte van *ab* neemt in dat stuk de transfusie toe en wordt daaromheen *Dr* dus groter. En met 't groter worden van *Dr* moet ten slotte, niettegenstaande 't groter worden van Dx, wegens 't gelijktijdig dalen van Dx^1 't drukverschil zozeer ten nadele van de inwendige druk bij *b* uitvallen, dat 't vat daar ten slotte gecomprimeerd wordt. Dan stijgen x en de vloeistof in *M* zolang tot ze gelijk *h* zijn, terwijl $x^1 = 0$ is.

Mèt x^1 daalt de hoeveelheid vloeistof die uit *n* stroomt; is de buis bij *b* gesloten, dan houdt natuurlik de uitstroming op.

Deze onderzoekingen deed KÖRNER voor alle mogelike stroomrichtingen (verticale, schuine) met inachtname van alle bijomstandigheden en steeds met 't zelfde resultaat.

Verloop, doorsnee, lengte, aantal van de permeabele gedeelten waren onverschillig, als er slechts een meetbaar drukverschil is in 't verloop van het transfunderende vat, benevens ruimte voor vloeistof die dat vat omgeeft. (Deze buitenste vloeistof representeert de weefselvloeistof in het organisme).

KÖRNER had op zijn, door KLEMENSIEWICZ vervaardigd apparaat, *vóór*, *op* en *voorbij* 't permeabele stuk een manometer laten aanbrengen. Tijdens het experiment veranderden de manometers opvallend in stand. Het eerst stijgt de manometer die in de „weefselvloeistof" steekt. Eerst stijgt hij vlug, dan langzamer, ten slotte weer vlugger en stootsgewijze.

Intussen wordt het „vat" (de permeabele buis) van z'n midden af langzamerhand nauwer; de wanden geraken in oscillerende beweging, en als de uitwendige druk groter geworden is dan de inwendige, dan volgt aan het eind van het „bloedvat" een regelmatig open- en dichtkleppen, wat een stootsgewijs onderbreken van het uitvloeien veroorzaakt. Dit open- en dichtkleppen gaat langzamerhand àl vlugger, gaat in een sidderen over en eindigt in een *afsluiting* (in de vorm van een strictuur). Van de strictuur uit achterwaarts wordt het permeabele vat door de inwendige druk steeds meer gerekt; hiermee stijgt de manometer der toevoerende buis (arteriële baan). Het stijgen hiervan en eveneens van de buitenste vloeistof duurt nog voort nadat de einddoorsnee van het transfunderende vat gesloten is.

De manometer *voorbij* de strictuur (van de afvoerbuis of *veneuse* baan) daalt, nadat *Dr* gelijk *Dm* is geworden, in dezelfde mate als de andere stijgen en 't uitvloeien afneemt. Ten slotte daalt hij ook stootsgewijze, totdat hij met 't ophouden van het uitvloeien op *nul* blijft staan.

Als 't uitvloeien is opgehouden kan men door vergroting

van de stuwkracht de zaak weer aan de gang krijgen; maar slechts tijdelik, daar er dan ook weer 'n groter transfusie optreedt; en aspiratie aan de uitvloeiopening zou 't ook niet aan de gang brengen, maar juist door 't groter maken van het drukverval 't boven geschilderde proces nog bespoedigen.

Ging het in het menselik lichaam dus juist zo, dan ware geen gelijkmatige bloedstroom met geregelde stofwisseling mogelik. Daar moeten dus inrichtingen zijn die de werking van de transfusie weer opheffen.

Welnu, ook KÖRNER heeft een continu uitvloeien kunnen bereiken, door voor het transsudaat in de buitenste cylinder (die de weefselruimten voorstelt) door middel van kraantjes een afvoer te scheppen, en wel zo royaal dat de druk in de cylinder nooit de hoogte van de inwendige druk bij *b* bereiken kan. In het organisme ziet KÖRNER die afvoerweg in de *lymfbanen* en hij zegt dan ook: elk weefsel dat zijn vloeistof van capillairen krijgt heeft ter bescherming zijner bloedbeweging afvoerende banen nodig, welker oorsprongen in het werkingsgebied der capillairen liggen. *De drijfkracht voor deze afvoerende banen is de weefseldruk en deze ontstaat door transfusie.* De afvoerende banen moeten zorg dragen dat de druk van het transsudaat nooit zo hoog wordt als de druk ergens binnenin het vat.

CZERMAK en BIRNBACHER hebben de experimenten van KÖRNER herhaald; maar zij hebben daarna getracht op een andere manier een continu uitvloeien te verkrijgen. De weefselbuis bleef bij hun aan alle zijden gesloten, maar zij brachten in het permeabele stuk een metaaldraadspiraal, waardoor de stuwingsbuis niet toegaf op plaatsen waar hij 't anders wèl doet (dáár waar de inwendige druk 't laagst is ten opzichte van de uitwendige). Hierdoor kon:

1°. de vloeistof steeds doorstroomen;

2°. de vloeistof van de buitenste buis weer in de stroombuis terug transfunderen en dus de druk op een bepaalde hoogte constant blijven.

Want ook bij hunne experimenten werd 't begin van de buis verwijd en 't laatste gedeelte vernauwd; maar deze vernauwing kon nooit verder gaan dan de spiraal toeliet. En daar in dit vernauwde gedeelte wegens de, door mindere toevoer, lagere druk die erin heerste vloeistof van buiten naar binnen kon *terug transfunderen*, bleef tengevolge van 't daardoor weer stijgen van de druk, een continu uitstromen mogelik.

Waarom nu hebben CZERMAK en BIRNBACHER de experimenten van KÖRNER dusdanig uitgebreid?

Omdat de wet van KÖRNER, krachtens haarzelve, moest voeren tot een *niet*-continue bloedstroom in 't oog, aangezien de afvoer langs de lymfwegen daar in een te ongunstige verhouding tot de toevoer door capillairen stond. Er moeten daar dus andere inrichtingen zijn die de onvoldoende afvoer te hulp komen. CZERMAK en BIRNBACHER nemen als zodanig aan het vergroeid zijn der vortexvenen en venenplexus met hun omgeving.

Beschouwen wij n.l. de anatomie van het circulatietoestel in het oog.

De venen van iris, processus ciliares en musculus ciliaris monden in de venae vorticosae. [Slechts uit het voorste, buitenste deel van de ciliairspier gaan kleine takjes naar voren naar de episclerale venen, welke takjes in het sclerale weefsel verbindingen aangaan met de plexus venosus Schlemmii. Ze hebben geen veneuse anastomosen met 't venensysteem der chorioidea]. Dus bijna al 't bloed uit 't oog wordt door de vortexstammen afgevoerd, terwijl de toevoer door 13—15 arteriën plaats grijpt. De grote takken der vortexvenen hebben aan de achterste pool een wijd anastomosennet.

In het kanaal van SCHLEMM ligt een grote veneuse sinus, waarbij geen arterie en geen capillairgebied behoort; want het capillairgebied van de M. ciliaris gaat over in kleine venen die direct met de voorste ciliairvenen anastomoseren.

De ruimte waarin die veneuse sinus ligt communiceert

door de weefselspleten van het trabeculum corneo-sclerale met de voorste oogkamer; zo omspoelt kamervloeistof de plexus venosus, welks wand evenwel met de wand van de canalis Schlemmii vergroeid is, waardoor hij op dwarsdoorsnee gaapt en bij hogere druk niet gecomprimeerd kan worden.

De v.v. vorticosae verenigen zich tot ampullen, waaruit in de emissaria sclerae de veel nauwere stam ontspringt; die stam is met de wand van de emissaria vergroeid of door balken verbonden.

De invloed van deze anatomiese verhoudingen op de functie is, volgens de meening van Cz. en B., de volgende:

Waar de wijde vortex-ampulla overgaat in de nauwe stam ontstaat een plotselinge drukverlaging stroomafwaarts van de ampulle, maar daartegenover is de drukovergang van de venen in de ampullen veel geringer dan hij zou zijn als er geen verwijding was en de vene eenvoudig langzamerhand wijder werd.

Ook geven de wijde lumina van de capillairen van de chorioidea geringer weerstand in het capillairnet.

Beide momenten geven aan de ampullen een ongewoon hoge druk, die iets hoger moet zijn dan de intraoculaire, daar de ampullen niet voor compressie beschermd zijn. De druk van de vernauwde stammen is veel lager, maar deze liggen *beschut* tegen druk van buiten. Daar echter de emissaria met de binnenruimte van het oog communiceren moet bij verhoogde intraoculaire drukking weefselvloeistof in de venen filtreren.

Ook in de plexus venosus Schlemmii heerst 'n lage druk; er is weinig toevoer en hij is voor compressie beschut.

Op deze plaatsen zijn dus de voorwaarden voorhanden voor filtratie van weefselvloeistof in de venen.

Czermak en Birnbacher vergeten één factor van groot belang: de tijd. Een inrichting, die voor een enkele proef voldoen kan in een apparaat van glas, gummi en metaal-

draad, kan voor een geheel leven te kort schieten in een oog, dat uit levende weefsels is opgebouwd; op de lange duur zou de bouw van venenplexus en vortexvenen niet tegen overdruk beschermen; dan zouden ze toch dichtgedrukt worden.

Wij zullen in het volgende hoofdstuk nog spreken over een andere verklaring, welke gegeven is ter beantwoording van het door CZERMAK en BIRNBACHER gestelde probleem: op welke wijze zijn de venen, die de resorptie der lymfe moeten verrichten, beschermd tegen de intraoculaire drukking.

Tans nog een enkel woord over een vraagstuk, dat in dit hoofdstuk zijn plaats moet vinden.

Blijft de verhouding tussen bloedsdruk en intraoculaire druk bestaan bij wisselingen in de bloedsdruk? Hieromtrent licht WESSELY [1]), die zijn op blz. 14 beschreven manometer verbindt met een sphygmograaf van GAD, ons in. Deze kan natuurlik niet ingebracht worden in de capillairen van het oog, hij kiest daarvoor de anderzijdige carotis of de gelijkzijdige femoralis.

WESSELY gaat als volgt te werk: Enige minuten na 't invoeren van de canules in beide ogen zet hij eerst elk oog alleen met de manometer in verbinding, bepaalt door niveauregulering, de erin heersende druk (als deze niet al toevallig met de gekozen druk overeenkomt), brengt dan elke kapsel op de gevonden drukhoogte en zet dan 't oog met de tonograaf in verbinding. De hefboomen moeten dan dadelik de excursies van pols en ademhaling laten zien.

Nu vond hij bij 'n konijnenoog:

Bij een intraoculaire druk van 25 mM. Hg. druk, een oogpols van 'n hoogte van 0,4 mM.

Bij een intraoculaire druk van 35 mM. Hg. druk, een oogpols van 'n hoogte van 0,7 mM.

---

[1]) Arch. für Augenheilk., 1909.

Bij een intraoculaire druk van 45 mM. Hg. druk, een oogpols van 'n hoogte van 1,4 mM.

Bij een intraoculaire druk van 70 mM. Hg. druk, een oogpols van 'n hoogte van 2,5 mM.

Beneden de 15 mM. Hg. druk worden de polsstijgingen onzichtbaar; dan zijn er alleen nog lichte ademhalingsexcursies; de oogpols wordt daarentegen hoger bij hoger intraoculaire druk.

Nu vraagt W. zich af: Wordt de ongelijke hoogte van de oogpols bij verschillende oogdruk daardoor verklaard, dat bij een sterker spanning van de oogwand een kleinere inhoudstoename voldoende is om dezelfde druktoename te bewerken, of speelt ook de toename in 't pols*volumen* van de vaten 'n rol? Daar hij de proeven nam bij ogen waar de druktoenamen 't gevolg waren van een natuurlike inwendige hyperaemie, zou men 't laatste wel denken. Hij heeft daarom contrôle-proeven gedaan, waar hij die natuurlike hyperaemie verving door kunstmatige drukverhoging; hierbij bleek de pols haast evenveel te stijgen als bij natuurlike druktoename, ofschoon men had mogen verwachten dat de vloeistofinjectie vaatcompressie zou geven en dus 't polsvolumen kleiner zou worden. Naar analogie hiervan mag men dus ook bij 'n spontane hyperaemie de pols*verhooging* hoofdzakelik op de druktoename stellen.

Verder vond hij dat, als de carotispolsen in grootte toenemen, de oogpolsen dit ook doen; en ook bij *grove* bloedsdrukveranderingen bleek hem de overeenkomst van de oogdruk- en de bloedsdrukcurven tot in de fijnste details.

Bij 'n gecurariseerd konijn, dat een oogdruk had van 26 mM. Hg. druk, klapte hij 1 maal in de handen; de bloeddruk steeg en de intraoculaire druk ging precies parallel mee. Dezelfde paralleliteit zag hij bij onderbinding van de buikaorta. Maar dit zijn alle gevallen waarbij 't oog zelf niet direkt door 't experiment getroffen wordt; dan is 't zeer

voor de hand liggend dat het de veranderingen in de bloedsdruk gewoon meemaakt.

Om 'n fijnere analyse tussen intraoculaire- en bloedsdruksamenhang te verkrijgen nam hij bloeddrukstijgingen bij *verschillende* oculaire druk. [Abnormaal lage druk verschafte hij zich door langere curare inwerking, abnormaal hoge door subconjunctivale keukenzout injecties]. De bloedsdrukstijgingen kreeg hij én spontaan (bij gecurariseerde konijnen), én door compressie van de buikaorta. Hem bleek dat de veranderingen in de intraculaire druk steeds achterbleven bij die in de bloedsdruk (dit zal wel komen doordat de polsexcursies van de grote naar de kleine arteries afnemen; in de capillairen neemt men in 't geheel geen pols waar).

Aangaande deze *disproportionaliteit* blijkt WESSELEY nu 't volgende:

1°. Dat ze bij lage intraoculaire druk naar verhouding gering is en bij hoge druk toeneemt, m. a. w.:

Bij *gelijke* bloedsdruk*stijging* stijgt de intraoculaire druk relatief méér bij 'n oog met lage, dan met hoge druk.

Dit is wel wat vreemd, want bij hoge oogdruk doet een beetje toename van de inhoud de druk relatief méér toenemen. WESSELY vat dit dan ook op als 'n zelfverdediging, om 'n àl te hoge druk af te weren, waarbij dan de intraoculaire vloeistof de vaatverwijding tegen zou werken.

2°. Hij bewerkte bloeddrukverlaging door vagusprikkeling en vond:

a. weer groote paralleliteit;

b. weer dezelfde disproportionaliteit n.l. de dalingen van de oogdruk groter dan die van de bloedsdruk.

c. Hier is de disproportionaliteit bij hoge oogdruk geringer dan bij lage, m. a. w.:

Bij *gelijke* bloedsdruk*daling* daalt de intraoculaire druk relatief méér als hij aanvankelijk hoog, dan wanneer hij aanvankelik laag was.

Naar analogie met 't bovenstaande mag men dan hier 'n beschermende werking in zien, om 't oog voor uitersten van drukverlaging te bewaren.

In het algemeen, al is er dus 'n soort remmende werking, blijft dus de intraoculaire druk afhankelijk van de bloedsdruk.

X.

DE VERHOUDING TUSSEN WANDSPANNING EN INTRAOCULAIRE DRUK.

Men beschouwt de oogbol als een met vloeistof gevulde elastiese kapsel van nagenoeg bolvormige gedaante. In de wanden van die kapsel bestaat, alnaar de grootte van de druk die in de intraoculaire vloeistof heerst, een meerdere of mindere spanning; daarbij maken de naar binnen gerichte componenten van de wandspanning evenwicht met de naar buiten werkende oogdruk.

Toch zijn intraoculaire druk en wandspanning niet in waarde aan elkaar gelijk te stellen; immers in de kapselwand zelve werken aan elkaar tegengestelde krachten die elkaar opheffen, zodat slechts een gedeelte van de voorhanden spanning aan de intraoculaire druk gelijk is.

Wij zagen bij de proeven van ZWAARDEMAKER een wisseling in 't kalieber der vaten optreden; dat deze wisseling ook in 'n oog optreden kan komt doordat de sclera elasties rekbaar is. Het is nu de vraag in hoeverre zulk een rekbaarheid bestaat bij de verschillende drukhoogten die in het oog kunnen heersen. Hierover heersen verschillende meningen; DONDERS houdt de sclera voor nauweliks elasties en slechts in zeer geringe mate rekbaar; LEBER en STELLWAG v. CARION wèl.

v. SCHULTÈN [1]) heeft hierover de volgende experimenten gedaan: In een vers geënucleerd honden- of konijnenoog, waarin door de sclera heen 'n canule is ingebracht, injicieert hij ½ % zoutsolutie; tussen canule en injectie-apparaat is een fijne, gekalibreerde glazen buis, waarin zich een luchtbel bevindt. Uit de veranderde stand van de luchtbel na drukverhoging of verlaging leert men het volumen vocht kennen dat in of uit het oog is gegaan.

Bij verschillende drukhoogten werden nu de volumenveranderingen bepaald, nadat het bulbusvolumen bij een druk van 10 mM. Hg. druk volumetries bepaald was. v. SCHULTÈN heeft curven gemaakt waarin de elastiese rekbaarheid van de sclera graphies is voorgesteld; de abscis geeft hierbij de drukhoogten in de bulbus aan, de ordinaat de gemiddelde volumentoename per mM. drukverhoging, uitgedrukt in tienduizendste delen van het bulbusvolumen bij 10 mM. Hg. Deze curven leren dat de elastiese rekbaarheid van de bulbus relatief groot is bij lage druk, *snel* afneemt, al zeer gering is bij 30—40 mM. Hg. druk en dan langzaam aan nog meer daalt.

Ook W. KOSTER onderzocht de elastiese rekbaarheid van de sclera bij verschillende drukhoogten en kwam in principe tot dezelfde resultaten als v. SCHULTÈN. Het volumen van de bulbusinhoud werd op 6500 mM^3. aangenomen; bij lage druk bleek het volumen meer voor vergroting vatbaar dan bij hoge druk. Bij een stijging bv. van 0 tot 9 mM. was een absolute toename van 2,25 mM^3. per mM. drukstijging; dat is dus 20 mM^3. of $^{3.4}/_{1000}$ van het gehele volumen; bij een stijging van 19—32 mM. (dus in de buurt van de normale oogdruk) 1,3 mM^3. per mM. drukstijging; dat is 16,9 mM^3. per 13 mM. drukstijging = $^{3.8}/_{1000}$ van het gehele volumen.

---

[1]) v. SCHULTÈN. Exp. Untersuch ueber die Cirkulationsverhältnisse des Auges enz. v. Graefe's Arch., 1884.

Bij een stijging daarentegen van 19 tot 70 mM. een volumentoename van 0,9 mM^3. per mM., dus in 't geheel 45 mM^3., d. i. $^7/_{1000}$ van het geheel. Bij een $5^1/_2$ maal grotere drukstijging dus slechts 2 maal grotere volumentoename.

Ook KOSTER vond dus bij de gemiddelde intraoculaire druk al een geringe elastiese rekbaarheid van de sclera.

ZWAARDEMAKER vond de daling der rekbaarheid bij dode arteriën eerst optreden boven 44 mM. Hg druk, dus aanmerkelik hoger dan de normale intraoculaire druk.

Mocht de sclera even rekbaar zijn als de vaten dan zou hij op de hoogte van de intraoculaire druk niet veel weerstand kunnen bieden.

STRAUB meent (l. c.) dat dit het geval is en houdt voor de betekenis van de sclera als elasties orgaan: gedurende korte tijd een *sterke weerstand* te bieden, voorbijgaande stoornissen in 't arteriële en veneuse gebied voor de tere, nerveuse elementen onschadelik te maken, en verder de wisseling in druk van de uitwendige oogspieren die optreedt bij fixatie en rust, verandering van blikrichting en verandering van het punt waarnaar geconvergeerd wordt, te neutraliseren.

STRAUB houdt trouwens de makkelike rekbaarheid der sclera bij geringe druk niet voor een physiese eigenschap van de elastiese sclera-elementen; de sclera zou n.l. eerst ontplooid worden; eerst dus de *strekking* van de vezels, dan pas de *rekking*. In de op blz. 106 vermelde curve van v. SCHULTÈN is een punt, waar de curve van richting verandert en waar de grote (hoewel *afnemende*) rekbaarheid plaats maakt voor een meer geringe rekking. Dit punt ligt nauweliks boven de normale intraoculaire druk; door de *physiologiese* drukschommelingen wordt dus — meent STRAUB — van het sterke weerstandsvermogen van de sclera niets gevergd. Trouwens, die sterke weerstand, die de sclera in v. SCHULTÈN's proeven bij *hoge* druk blijkt te bezitten,

blijft bij langdurige hoge druk niet bewaard. De geëxstirpeerde glaucomateuse ogen van WAHLFORS waarin een druk heerste van 70 mM. kwik waren wegens de sterk gerekte sclera zeer groot.

Men kan bij zichzelf en bij anderen *voelen* dat de sclera niet uitgespannen is; bij de digitale tonometrie drukt men juist zólang 'n kuiltje in het oog totdàt de sclera uitgespannen is.

Ten slotte komen wij tot de vraag welk gedeelte van de bulbuswand de intraoculaire druk draagt; retina, chorioidea of sclera?

NICOLAI wil aan de retina een deel van het draagvermogen van de bulbuswand toekennen; hij besluit hiertoe op grond van het feit dat hij bij *gepuncteerde* gefixeerde ogen de retina en de chorioidea *dikker* vond dan bij niet-geopende ogen. Hij verklaart dit aldus dat in het eerste geval, waarbij dus het oog slap was geworden, de door de intraoculaire druk uitgerekte membranen zich weer zouden hebben samengetrokken.

Als bezwaar hiertegen wordt aangevoerd dat, waar de verdikking gewoonlik cirka $^1/_5$ deel der oorspronkelike dikte bedraagt, de retina dan toch wel enorm elasties moet zijn, wat in strijd is met zijn weekheid. En op sommige plaatsen van de chorioidea kan de verdikking soms meer dan het dubbele van de oorspronkelike dikte bedragen.

KOSTER verklaart 't aldus: bij de dood houdt de weefseldruk op, terwijl er nog een oogdruk van 9 à 10 mM. blijft bestaan; in niet gepuncteerde ogen zou deze de membranen plat drukken en dus dunner doen schijnen; bij gepuncteerde ogen werd hij natuurlik opgeheven en bleven de membranen hun oorspronkelike dikte houden. Hierbij past goed 't feit dat bij de niet-geopende ogen de staafjes en kegeltjes meest scheef staan, welke scheefstand soms in aanzienlike graad is waargenomen bij ogen waarin de druk abnormaal hoog

was; bij zulke ogen is nl. de druk ook na de dood hoger dan bij normale lijkenogen.

Over het algemeen is men van mening, dat de sclera met zijn hoge elasticiteits-coëfficient de intraoculaire druk draagt. De chorioidea is zeker ook elasties, immers na doorsnijding trekken haar randen zich van het sneevlak terug, maar deze elasticiteit zou te gering zijn om tegenover die van de sclera in aanmerking te komen. STRAUB is het het hier niet mee eens; in v. Graefe's Arch. f. Ophthalmol. 1889 publiceert hij een artiekel, waarin hij tot de conclusie komt dat de chorioidea beter in staat moet zijn de intraoculaire druk te dragen dan de sclera en wel omdat de chorioidea spierweefsel rijk is; dit laatste is veel vitaler dan elasties weefsel s. s.; het heeft groter bloedrijkdom en wordt door zenuwen geregeerd. Zich aansluitend bij de uitspraak van HENLE: „Die Aufgabe einen Widerstand zu leisten, der sich nicht erschöpfen darf, hat die Natur nirgends dem Bindegewebe oder elastischen Gewebe anvertraut; einer solchen Aufgabe ist nur das Muskelgewebe gewachsen" komt STRAUB tot de overtuiging dat de sclera niet in staat zal zijn gedurende het gehele leven de intraoculaire druk te dragen.

Deze hypothese geeft een oplossing aan het in het vorige hoofdstuk besproken, door CZERMAK en BIRMBACHER gestelde vraagstuk. Als de chorioidea de intraoculaire drukking draagt, dan zijn de grote venen, die op de buitenvlakte der chorioidea liggen onttrokken aan de intraoculaire drukking evenzo als de venen in het kanaal van SCHLEMM, welke beschermd zijn door het trabeculum corneosclerale. Dit laatste is ingevoegd tusschen de ciliairspier en de membraan van DESCEMET en wordt door de contractie der ciliairspier evenzo gespannen als de chorioidea zelve. Het kanaal van SCHLEMM zou dan de voorste zijn van een uitgebreid stelsel van venen dat, onttrokken aan de intraoculaire drukking, voor de resorptie dienen kan.

De hoofdzaak is nu aan te tonen, dat de chorioidea werkelik de intraoculaire drukking draagt.

Daartoe verwijdert STRAUB bij een gechloroformiseerd konijn een venstertje uit de sclera en laat daarna manometries de druk in het oog van 0 tot boven het normale opklimmen. Barsting van de bloot liggende chorioidea had eerst bij 60, 70 en 90 mM. Hg. druk plaats; wel kwam er ter hoogte van de intraoculaire druk welving, maar 't stuk chorioidea is ook groter dan 't uitgesneden stuk sclera, zoals blijkt uit die welving en de inzinking van de bulbus eromheen. Dat de chorioidea verplaatsbaar èn gespannen is, blijkt bij doorsnijding van alle oogrokken, de chorioidea trekt zich van het sneevlak terug en laat de sclera bloot liggen. Hieruit blijkt meteen — meent STRAUB — wel dat de sclera *niet* uitgespannen is; anders zou deze zó elastiese oogrok zich nog meer terugtrekken.

Om de verschuiving van de chorioidea zo weinig mogelik te doen zijn, legt hij nu 't venstertje tussen de corneoscleraalgrens en de perforatieplaats van een vena vorticosa; op die plaats zijn sclera en chorioidea vast verbonden. Nu treedt eerst bij 30 mM. Hg. druk een nauw merkbare welving op; dus de chorioidea kan met behoud van zijn normale welving de normale intraoculaire druk dragen.

W. KOSTER herhaalde de experimenten van STRAUB met tegenovergesteld resultaat; hij vond, dat bij normale intraoculaire druk de blootgelegde chorioidea wel degelik uitpuilde.

Wij hebben nu deze experimenten herhaald en gingen daarbij als volgt te werk:

Tussen de corneo-scleraalgrens en de perforatieplaats van een vena vorticosa wordt ter plaatse van de M. rectus superior (die van z'n insertie wordt losgesneden, terwijl door middel van die afgesneden insertie 'n fixeerpincet de bulbus fixeert) de sclera in dwarse richting met een Taylor mesje laagsgewijs gekliefd tot op de chorioidea. Dan wordt 't bovenste stuk van de gekliefde sclera gepakt en in bovenwaartse richting verder afgepraepareerd. Ik zal hier de resultaten van 2 proeven vermelden:

1. Er wordt een venstertje gemaakt dat goed schijnt, evenwel blijft er twijfel of er nog 'n dun laagje sclera is blijven zitten. Bij een druk van 32 mM. Hg. is er nog geen uitpuiling, terwijl de goede communicatie tussen oog en manometer blijkt uit het duidelik zichtbaar zijn van de pols aan de kwikdruppel in de manometer (beschreven op blz. 54).

Bij microscopies onderzoek van het daarna geënucleëerde oog blijkt evenwel 'n zéér dun laagje sclera aanwezig te

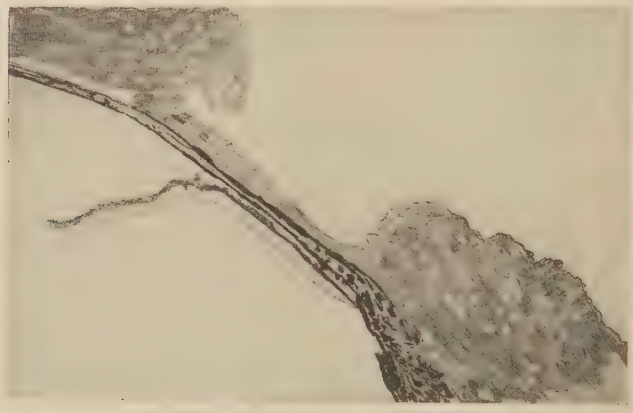


Fig. 6.

zijn; (zie fig. 6). Men mag aannemen dat het in vivo nog dunner was, toen het nog door de intraoculaire druk gerekt werd.

2. Gewapend met de ervaring van het vorige experiment, maken wij in een ander oog een nieuw venstertje, ongeveer 2 mM. breed, 3 mM. lang; zonder enige twijfel is thans alle sclera verwijderd. Gedurende die bewerking is de druk in 't oog tot nul gebracht, door 't oog te laten communiceren met de manometer waarin de vloeistof lager stond dan nul. Nu lieten wij langzaam en voorzichtig de vloeistof in

de manometer rijzen en reeds bij 10 cM. waterdruk puilde de chorioidea uit; na verlaging der druk gaat hij *niet* meer in z'n niveau terug.

Uit deze proeven vloeit vooreerst voort, dat in STRAUB's proeven van 1889 een fout is ingeslopen; in de 2e plaats dat de chorioidea met de ondersteuning van een uiterst dun laagje van de sclera in staat is de intraoculaire drukking te dragen; in de 3e plaats dat het aandeel der chorioidea in het gemeenschappelik draagvermogen zeer gering is. KOSTER's oppositie was dus volkomen gegrond en het uitzicht dat STRAUB's hypothese opende om de wijze van bescherming der resorberende venen te leren kennen, is verloren gegaan.

STRAUB heeft onlangs de physiologiese gronden, waarom hij alleen aan het spierweefsel het vermogen wil toekenneu om een blijvende druk te dragen op nieuw uiteengezet en nader gepreciseerd dan in zijn eerste artiekel over hetzelfde onderwerp [1]).

Uit de 2e editie blijkt nu meteen dat de gedachtengang, die aan de chorioidea een zo belangrijke taak wilde opdragen, niet ver genoeg was uitgesponnen.

In het eerste stuk werd de voortreffelikheid van het spierweefsel als elasties orgaan enigszins mysties verdedigd door te wijzen op de grotere vitaliteit (bloedrijkdom) en op de innervatie. In het tweede stuk wordt het wezen dier innervatie nader uitgeplozen. Nu blijkt het dat er een reflex in het spel is. De spier wordt door middel van de reflexboog geregeerd door sensiebele eindorganen, die seinen welke spanning in de spieren nodig is om een zeker doel te bereiken. De graad van de toniese samentrekking der fixeerende

---

[1]) STRAUB. De spier beschouwd als samentrekbare band. Militair geneesk. Archief, 1886.

STRAUB. De beteekenis van de spiertonus voor de physiologie en pathologie van het gezichtsorgaan. Ned. Tijdschr. v. geneesk., 1910.

spieren wordt dus door de sensibiliteit naar behoefte geregeld. De weerstand der spieren is intelligent, wordt geregeld naar een doel, die der elastiese weefsels s. s. is mechanies.

STRAUB heeft nu het beginsel der voortreffelikheid van het spierweefsel als elasties orgaan op twee vraagstukken der physiologie van het oog toegepast; op het ontstaan en behoud der emmetropie en op de draagkracht der chorioidea. In het eerste vraagstuk heeft het beginsel de toets doorstaan. Het netvlies levert de sensiebele prikkels welke aan het septum oculi (lens + zonula zinnii) door middel van de ciliairspier de emmetropiserende spanning verschaffen.

Bij de toepassing van het beginsel, zooals het in het tweede stuk is uitgewerkt, op het vraagstuk van de draagkracht der chorioidea vraagt men zich echter vergeefs af, welke sensiebele prikkel aan de ciliairspier de innervatie zou moeten geven om de chorioidea op doelmatige wijze te spannen, dus in de zin der hypothese, sterk genoeg om de intraoculaire drukking te dragen. Men zou moeten aannemen dat de intraoculaire drukking zelve aan de chorioidea een spanning geeft, welke de ciliairspier reflectories te hulp roept. Voor het bestaan van zulk een reflex is echter geen ander gegeven dan de dogmatiese regel: de natuur vertrouwt nergens aan het elasties weefsel s. s. het dragen ener blijvende drukking toe.

Daar het echter gelukkig in de geneeskunde met de dogmata uit is, rest ons slechts de verklaring af te leggen, dat de sclera een uitzondering schijnt te maken op een overigens door veel voorbeelden ondersteunde regel, omdat hij zonder hulp van spierweefsel, de intraoculaire drukking draagt.

STELLINGEN.

I.

In een rustig oog is geen onafgebroken vochtverversing.

II.

De intraoculaire drukking wordt gedragen door de sclera.

III.

De normale hoornvlies-astigmie is waarschijnlik niet aangeboren.

IV.

Bij glaucoomoperaties bediene men zich van het holocaïne als anaestheticum.

V.

Bij hardnekkige trigeminusneuralgiën verdienen injecties van 60—80 % alcohol, in of om de zenuw, aanbeveling.

VI.

Indien men bij de behandeling van een lijder aan diabetes mellitus, moet kiezen tussen een verblijf van die lijder in een badplaats of in een inrichting, verdient dit laatste de voorkeur.

VII.

Alopecia areata is niet van parasitaire oorsprong.

VIII.

Voor het onderzoek van sputum op tuberkelbacillen gebruike men de antiforminemethode van UHLENHUTH.

IX.

De *parasitaire* theorie voor de verklaring van het ontstaan der echte gezwellen verdient de voorkeur.

X.

Bij diarrheën van zuigelingen beproeve men eiwitmelk volgens FINKELSTEIN.

XI.

Het voorstel van A. THEILHABER om bij carcinoma cervicis uteri „an grösserem Materiale die Frage nochmals zu prüfen" (Zentralblatt f. Gynaecol. 4 März 1911) of de oude methode der cervixexcisie in de plaats der totale uterusexstirpatie mag komen, dient verworpen.

XII.

Het is te betreuren dat alleen een ongeschreven beroepsrecht de geneeskundige beschermt, dáár waar hij (zij) handelend „zooals naar redelijk inzicht is geboden of toegelaten door de regelen der geneeskunst" in conflict komt met de letter van de Nederlandse Strafwetgeving.